This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

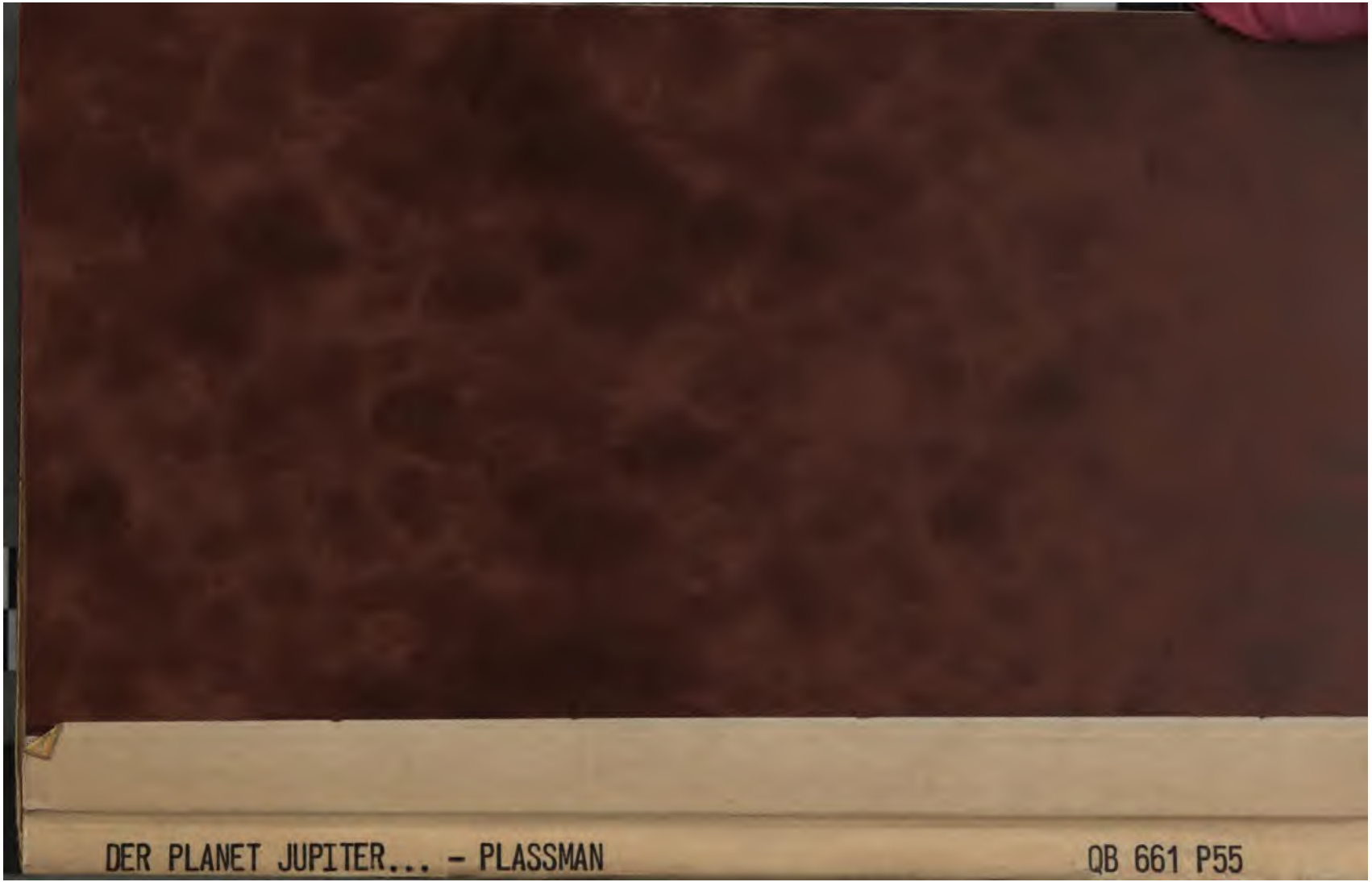
+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.



DER PLANET JUPITER... - PLASSMAN QB 661 P55

Der Planet Jupiter.

Darstellung der wichtigsten Beobachtungs-Ergebnisse

und

Erklärungs-Versuche.

Von

Joseph Plaßmann

Mit zehn Bildern.

STANFORD LIBRARIES

Domus S. J.
Duesseldorp.

Rev. 5

Köln, 1892.

Druck und Commissions-Verlag von

Der Planet Jupiter.

Darstellung der wichtigsten Beobachtungs-Ergebnisse

und

Erklärungs-Versuche.

Von

Joseph Plaßmann

Mit zehn Bildern.

STANFORD LIBRARIES

Domus S. J.
Düsseldorp.

Per 5

Köln, 1892.
Druck und Commissions-Verlag von J. P. Bachem.

QP561
P55

THIS ITEM HAS BEEN MICROFILMED BY
STANFORD UNIVERSITY LIBRARIES
REFORMATTING SECTION 1991. CONSULT
SUL CATALOG FOR LOCATION

Vorwort.

Von der Redaction der Vereinsschriften der Görres-Gesellschaft aufgefordert, eine descriptiv-astronomische Arbeit als erste Vereinsgabe für 1892 zu liefern, glaubte der Unterzeichnete, da er vor einigen Jahren ein Gebiet der Fixstern-Astronomie, nämlich die veränderlichen Sterne, für denselben Leserkreis behandelt hatte, dieses Mal die Verhältnisse eines Körpers aus unserm Planetensystem zu monographischer Behandlung, und die hierbei auftauchenden Fragen zur Vermittelung einer Reihe von anderweitigen Kenntnissen an dasselbe Publicum auswählen zu sollen. Ob die getroffene Wahl und die Art der Darstellung glücklich zu nennen ist, müssen einsichtige Leser entscheiden. Der Verfasser befand sich hier nicht, wie bei der frühern Arbeit, in der angenehmen Lage, als bescheidener, aber selbständiger Mitarbeiter an dem zu behandelnden Forschungsgebiete mitreden zu dürfen. Die Möglichkeit der Benutzung großer und kraftvoller Instrumente ist ihm versagt; er war daher in Bezug auf die Thatsachen lediglich auf die Wiedergabe des von Andern Gefundenen hingewiesen. Um so eifriger war er bestrebt, einerseits in der Form durchaus selbständig zu sein, anderseits das Material unmittelbar aus den Quellen zu schöpfen. Im Einverständnisse mit der Redaction machte er zu letzterm Behuf eine Reise nach Berlin, wo ihm durch das gütige Entgegenkommen des Directors der Königlichen Sternwarte, des Herrn Geheimen Regierungsraths Prof. Dr. Förster, die Aufsuchung der neuesten, hauptsächlich in englischen und americanischen Zeitschriften zerstreuten Jupiter-Litteratur ermöglicht ward. Nächst diesem Herrn gebührt des Verfassers Dank den Herren Dr. Böddicker in Parsonstown und Dr. Terby in Löwen, welche durch gütige Uebersendung ihrer werthvollen (in den Anmerkungen zum Theil dem Titel nach aufgeführten) Arbeiten wesentlich zu seiner Orientirung beitrugen. — Die Bilder sind theils (Fig. 1—5) mit freundlicher Erlaubniß der Verlagshandlungen von Gebr. Paetel und F. Dümmler in Berlin und W. Engelmann in Leipzig aus deren Bilderschatze herübergenommen, theils (Fig. 6—10) als bloße Schemata selbständig entworfen.

Die schwierige Frage, in wie weit der für ein volles Verständniß unbedingt nothwendigen mathematischen Betrachtung Raum gegeben werden dürfe, hat die Redaction im Einverständniß mit dem Verfasser dahin entschieden, daß die bezüglichen Erklärungen in einige längere Noten (Nr. 10, 30, 36) verwiesen wurden. Auch sonst enthalten die Anmerkungen Manches, das durchaus nicht überflüssig ist, und da auch in ihnen die Mathesis nur sehr bescheiden auftritt, möchte der Verfasser die Noten als einen für die Auffassung wesentlichen Theil seiner Arbeit angesehen wissen.

Für die numerischen Daten konnte das (in den Noten erwähnte) Werk von Harkneß, das dem Verfasser vor einiger Zeit vom U. S. Naval Observatory zu Washington gütigst übersandt wurde, mehrfach benutzt werden. Einige andere Zahlen beruhen auf Littrow, Newcomb-Engelmann und zerstreuten Quellen.

Für ein paar eigene Erklärungsversuche, die der Verfasser als solche gekennzeichnet hat, erbittet er die Nachsicht des Lesers.

Warendorf, den 16. Juni 1892.

J. Plaßmann.

Einleitung.

In der ersten Februarwoche des Jahres 1892 zog eine ungemein schöne Himmelserscheinung die Blicke nicht nur der sinnigen Naturfreunde, sondern selbst Vieler von Denjenigen auf sich, die fast niemals die Augen über das bunte Erdengewühl zu erheben pflegen. Nur kurze Zeit nach dem Untergange des Tagesgestirns, wenn im Osten langsam die röthliche Grenze des Erdschattens heraufzurücken begann, tauchte am hellen Westhimmel ein Sternchen freundlich bescheiden auf; mit zunehmender Dunkelheit der Luft wurde es immer heller und schöner, und bald entdeckte das forschende Auge in der Nähe des anmuthigen Himmelslichtes, des Planeten Venus, noch ein zweites Sternchen, an Glanz erheblich geringer, aber noch immer alle andern mittlerweile sichtbar gewordenen Sterne überstrahlend.

Dieser Unterschied in der scheinbaren Helligkeit, die man auch wohl im uneigentlichen Sinne als „Größe" bezeichnet, entsprach in unserm Falle merkwürdiger Weise durchaus nicht dem wahren Größenunterschied. In Wirklichkeit ist nämlich jener zweite Stern, der Planet Jupiter, über tausend Mal größer als Venus, während er anderseits wahrscheinlich von jedem einzelnen unter den zahllosen Sternchen, die gleichzeitig mit ihm zu jener Zeit für das freie Auge sichtbar waren, an Größe erheblich übertroffen wird.

In der gegenseitigen Stellung von Venus und Jupiter konnte man in jenen Tagen einen höchst auffallenden Wechsel sich vollziehen sehen. Gegen Ende Januar stand nämlich Venus ziemlich weit rechts von Jupiter; von Tag zu Tag konnte man bemerken, wie beide strahlende Gestirne einander näher kamen. Wer aber unter den Fixsternen — also dem großen Heere der für das freie Auge sichtbaren Sterne — die jeweilige Stellung von Jupiter und Venus genau jeden Abend aufgezeichnet hätte, der würde gefunden haben, daß dieses Näherkommen nicht etwa ein Entgegenkommen auf halbem Wege war. Vielmehr bewegte sich so-

wohl Venus als auch Jupiter nach Osten, also nach der linken [1]) Hand, der erstere Stern jedoch viel schneller als der zweite; es fand also ein Verfolgen und Einholen, nicht ein Entgegenkommen statt. Am 5. Februar stand Venus noch rechts von Jupiter, am 6. bereits links von ihm, und zwar in nächster Nähe. Dann entfernte sie sich immer weiter nach links; zugleich konnte man bemerken, daß ein anderes Gestirn, nämlich die Sonne, gleichfalls von Westen her dem Jupiter näher kam. Der Stern stand nämlich von Abend zu Abend immer tiefer am Westhimmel und verlor sich zuletzt gegen Anfang März in den Strahlen der Abenddämmerung. Eine Linie, welche man von Venus zu Jupiter am Himmelsgewölbe sich gezogen denken konnte, ging in ihrer Verlängerung jedes Mal ziemlich genau durch die Sonne, wie in der Abenddämmerung sich leicht ermitteln ließ, wenn man den hellsten Fleck am westlichen Horizont aufsuchte. Dieselbe Linie hielt, wenigstens ungefähr, der Mond in seinem eiligen Laufe fest, wie man namentlich dann erkennen konnte, wenn er etwas weiter von Venus und Jupiter abstand.

Wir haben hier von den Gestirnen, welche man im Alterthum als Planeten bezeichnete, die vier hellsten kennen gelernt. Planeten in diesem Sinne sind Gestirne, die nicht nur, wie die meisten andern, täglich auf- und unterzugehen scheinen, sondern nebenher auch noch gegen einander und gegen jene andern, die Fixsterne, sich beständig verschieben. Jene tägliche Bewegung ist eine Folge von der täglichen Drehung der Erde um ihre Axe; von ihr ist darum kein Stern, und stehe er in den fernsten Welträumen, ausgenommen. Die besondere Bewegung der Planeten aber, die früher wegen ihrer scheinbaren Unregelmäßigkeiten vielfach für ganz willkürlich gehalten und darum dem Aberglauben als willkommene Beute überlassen wurde, ist, wie man seit Coppernicus mit Sicherheit weiß, die Folge einer eben so einfachen als großartigen Einrichtung der schöpferischen Allmacht. Um die Sonne, den Quell des Lichtes und der Wärme, der Kraft und des Lebens [2]), bewegen sich viele kleinere Weltkörper in sehr verschiedenen Abständen und, je entfernter, mit desto geringerer Schnelligkeit, alle aber, oder doch alle mit freiem Auge sichtbaren und noch viele unsichtbare, nahezu in einer und derselben Ebene. Man ist darum berechtigt, die Bahnen aller dieser Sterne ohne Verzerrung in einer Zeichenebene darzustellen, wie es z. B. in unsern Atlanten geschieht. Nur muß man sich dann vergegenwärtigen, daß, wenn etwa die Erdbahn genau in die Zeichenebene fällt, die Bahn jedes andern Planeten in Wahrheit mit einer Hälfte um ein Weniges nach vorn, mit der andern nach rückwärts aus jener Ebene heraustritt. Denken wir uns nun die ganze Zeichnung aus unserm Atlas in's Riesenhafte wachsend, so daß die Entfernung der Erde von der Sonne 15 Millionen

Myriometer[3]) beträgt und auch die andern Entfernungen entsprechendes Wachsthum erfahren; denken wir uns die Riesenkarte aus einem völlig klaren, unsichtbaren Stoffe bestehend und die Planeten mit ihren wahren Geschwindigkeiten die Sonne umlaufend, so daß z. B. Mercur in 88 Tagen ein Mal herumkommt, die Erde in 365 Tagen, Jupiter in einer fast zwölf Mal längern Zeit. Auf einen der Planeten, z. B. auf die Erde, setzen wir einen Beobachter und lassen ihn über den Rand der Karte hinwegschauen. Er wird dann in weiter Ferne andere Himmelskörper erblicken, mit welchen die Karte nichts zu thun hat, die Fixsterne. Welche von diesen Sternen er sehen wird, das hängt offenbar von der Stellung ab, die wir der Karte geben, d. h. von der Lage der Planetenbahnen im Raume; jedenfalls aber liegen alle diese Fixsterne in einer Ebene, d. h., weil wir ihre Entfernungen nicht kennen, scheinbar in einem einzigen ungeheuer großen Kreise. Dieser Kreis wird die Ekliptik genannt, weil die Finsternisse[4]) in ihm stattzufinden scheinen, auch wohl Thierkreis, weil die meisten Sternbilder, durch welche er zu gehen scheint, nach lebenden Wesen benannt sind. Aber nicht nur die Finsternisse, sondern alle Bewegungen der Sonne und der Planeten scheinen sich im Thierkreis abzuspielen. Wenn nämlich, um in dem obigen Bilde zu bleiben, der Erdbewohner nach der Sonne oder einem Planeten schaut, so wird er das Gestirn stets ungefähr in der Richtung zum Rande der Karte sehen, weil die wahren Bahnen nur wenig aus der Karte heraustreten, und da wir die Entfernung der Himmelskörper aus dem unmittelbaren Anblick nicht ermitteln können, so *scheinen* die Planeten sich beständig im Thierkreise zu bewegen. Hiervon macht auch die Sonne keine Ausnahme, die in Wirklichkeit stillsteht[5]), scheinbar jedoch in 365 Tagen um die Erde läuft — eine Folge der wirklichen Bewegung dieses Himmelskörpers um die Sonne. Darum rechneten die Alten auch die Sonne zu den Planeten, während wir sie jetzt als Mittelpunkt des Planetensystems und in physischer Beziehung als Fixstern[6]) anzusehen haben. Die scheinbaren Bahnen der einzelnen Planeten setzen sich aus ihren und der Erde wahren Bewegungen zu merkwürdig verschlungenen Linien zusammen.

Alle wahren Bewegungen der Planeten finden nicht nur ungefähr in derselben Ebene, sondern auch in derselben Richtung statt. Für einen auf der *Sonne* befindlichen Beobachter nämlich, welcher so steht, daß er den Nordpol der Erde oben und ihren Südpol unten hat, verschieben sich alle Planeten beständig nach links, d. h. gegen den Uhrzeiger. Ebenso verschiebt sich scheinbar für uns die Sonne und im Allgemeinen auch die Planeten. Doch können diese letztern unter Umständen für einen *irdischen*

Beobachter rückläufig werden, d. h. sich für kurze Zeit nach rechts zu bewegen scheinen.

Vorhin hörten wir, daß auch der Mond gleich den Planeten (Venus und Jupiter) und der Sonne für uns in jenem größten Kreise[7]) sich zu bewegen scheint. In der That ist die Ebene, in welcher er sich um die Erde bewegt, nur wenig gegen den Thierkreis geneigt. Auch des Mondes Bewegung ist nach Osten, d. h. für einen auf der Nordhalbkugel stehenden Beobachter nach links oder gegen den Zeiger gerichtet. Und betrachten wir den Jupiter mit einem kleinen Fernrohr, so werden wir gewöhnlich vier kleine Sterne in seiner Nähe finden, die mit ihm in gerader Linie stehen. Es ist leicht festzustellen, daß auch die Richtung dieser Linie ziemlich genau dem Thierkreise entspricht und daß jene Sternchen, die Jupiters-Trabanten, in beständiger Bewegung um den hellen Planeten begriffen sind. Auch diese Bewegung ist von Westen nach Osten gerichtet. Es kommt nämlich häufig vor, daß bei derselben einer der Trabanten für uns vor dem Jupiter herzugehen scheint. Die Bewegung des Trabanten ist dann (für einen Bewohner der Nordhalbkugel) von links nach rechts gerichtet, folglich, wenn der Trabant hinter Jupiter steht, von rechts nach links. Auch diese Bewegung vollzieht sich also entgegengesetzt der Zeigerbewegung. Und dasselbe gilt von den Axendrehungen der Erde, des Mercur, der Sonne, des Mars, des Jupiter und des Saturn, unseres Mondes, überhaupt von fast allen Bewegungen im Sonnensystem.

Da es für das Verständniß des auf den folgenden Blättern zu Sagenden von höchster Wichtigkeit ist, daß der Leser sich den wunderbaren Aufbau des Planetensystems im Großen klar macht oder in's Gedächtniß zurückruft, so haben wir bei der Schilderung dieses Aufbaues etwas verweilen zu sollen geglaubt. Wir wünschen nämlich dem geneigten Leser über einen bestimmten Planeten Einiges mitzutheilen, das nur im Zusammenhang mit den geschilderten allgemeinen Verhältnissen zu würdigen ist. Jupiter, den wir hierfür ausgewählt haben, ist in mancher Hinsicht einer der merkwürdigsten Himmelskörper. Er ist der größte und massenhafteste Planet und für uns Erdbewohner auch wohl der am meisten gesehene, da Venus, die zu den Zeiten ihrer Sichtbarkeit ihn an Glanz erheblich überstrahlt, wegen zu großer Nähe der Sonne uns viel öfter als Jupiter gänzlich aus den Augen kommt; er ist noch mit bedeutender Eigenwärme begabt und zeigt in seiner Atmosphäre Erscheinungen, die an ähnliche Vorgänge theils auf der Erde, theils auf der Sonne erinnern; er ist der erste Himmelskörper, an dem eine Abplattung[8]) bemerkt wurde, und nach der Erde der erste, bei dem man Trabanten entdeckt hat. Durch seine Massenhaftigkeit hat er mehrfach in

den Mechanismus des Sonnensystems eingegriffen. Seine Trabanten haben durch ihre Bewegung und besonders durch ihre Verfinsterungen der astronomischen und geographischen Forschung wichtige Dienste geleistet, und in der neuesten Zeit liefern sie höchst merkwürdige Beispiele für gewisse Sätze der Optik und der Psychophysik. Hat schon in ältern Zeiten vornehmlich das Studium der von Jupiter ausgeübten anziehenden Wirkungen der rechnenden Astronomie zu ihren schönsten Triumphen verholfen, so wird gegenwärtig die Beobachtungskunst, unterstützt durch die prächtigen Riesenfernrohre der Neuzeit, durch die Vorgänge auf seiner Oberfläche zu nicht minder werthvollen Leistungen angeregt.

Wenn man im Alterthum die zwei Planeten, welche unserer Erde nicht nur räumlich, sondern wahrscheinlich auch physikalisch am nächsten stehen, nach den Gottheiten der Liebe und des Streites benannte — Venus und Mars —, so hatte man, möchten wir sagen, eine Ahnung von der großen Aehnlichkeit beider Himmelskörper mit unserm Wohnplatze, auf dem die großen Ereignisse so häufig die Folgen großer Leidenschaften sind. Und so werden wir dem Jupiter den Namen des Götterkönigs gleichfalls nicht absprechen wollen, wenn wir die Bedeutung dieses massenhaften Gestirns für das ganze System bedenken.

Unsere Darstellung wird, von dem Aeußerlichsten, nämlich der Bahn des Planeten, ausgehend, seine Umlaufszeit, Masse, Gestalt und Größe behandeln, dann auf den Hofstaat von Trabanten und zuletzt auf die Axendrehung und die noch wenig bekannte physische Beschaffenheit des Jupiter übergehen.

I. Bahnbewegung des Jupiter.

In einer bildlichen Darstellung des Planetensystems[2]) finden wir den Rand mit einer von 0° bis 360° fortschreitenden Eintheilung versehen. Die Erde, deren Bahn wir in der Nähe der Sonne aufsuchen, steht, von letzterer aus gesehen, am 22. September in der Richtung des mit 0° bezeichneten Frühlingspunktes, am 20. März in der Richtung des mit 180° bezeichneten Herbstpunktes (nicht umgekehrt); am 20. Juni steht sie bei 270°, am 21. December bei 90° usw. Es ist nun vorhin bemerkt worden, daß die Bahnebenen der Planeten mit der (als Zeichenebene gewählten) Ebene der Erdbahn nicht zusammenfallen. Wie die Jupiterbahn in Wahrheit liegt, können wir mit Hülfe jener Randzahlen, die man die astronomischen Längen nennt, uns leicht vorstellen. Legen wir ein Lineal so durch den Mittelpunkt der Zeichnung (die Sonne), daß es am Rande durch die Längen 99° (also kurz

vor 100°) und 279° geht. Wir haben uns dann den Kreis, welcher die Jupiterbahn vorstellt, längs dieser Linie zerschnitten zu denken; die eine Hälfte, von 99 über 100, 200 bis 279 liegt nördlich über der Zeichenebene, die andere, von 279 über 280, 300, 360 oder 0 bis 99 unter ihr. Wenn also Jupiter die astronomische Länge 99° hat, d. h. von der Sonne aus in der Richtung dieser Randzahl erscheinen würde, so ist er in einer Ebene mit der Erdbahn; dann erhebt er sich nördlich über diese, steht nach etwa drei Jahren, einem Viertel seines Umlaufs, bei 189° am nördlichsten, geht südlicher, ist nach fernern drei Jahren in 279° wieder in der Ebene der Erdbahn angelangt, bei 9° am südlichsten, also am tiefsten unter der Zeichenebene usw. Man sagt, daß der aufsteigende Knoten der Jupiterbahn die Länge 99°, der absteigende Knoten die Länge 279° hat.

Doch ist die Neigung der Bahnebenen gegen einander nur sehr gering, nämlich gleich 1° 19′. Um uns diesen kleinen Winkel vorzustellen, legen wir ein Lineal von knapp einem halben Meter Länge mit einem Ende auf ein Klötzchen von 1 Centimeter Höhe, mit dem andern Ende unmittelbar auf den Tisch. Es wird dann mit der Tischplatte einen Winkel bilden, der ungefähr jenem Neigungswinkel gleich ist. Die großen Maßverhältnisse im Weltraum bringen es jedoch mit sich, daß trotz dieser geringen Neigung Jupiter sich bei 189° mehr als anderthalb Millionen Myriometer nördlich, bei 9° eben so viel südlich von der Ebene der Erdbahn befindet.

Die mittlere Entfernung des Riesenplaneten von der Sonne beträgt das 5,2028fache von der mittlern Entfernung der Erde. Die Karte bestätigt innerhalb ihrer Genauigkeitsgrenzen diese Angabe. Doch werden wir auf einer Karte für gewöhnlich die Jupiterbahn als Kreisbahn dargestellt finden, was sie, streng genommen, nicht ist. Wollen wir eine richtige Vorstellung von ihrer Gestalt gewinnen, so schlagen wir in ein Zeichenbrett zwei Nägel 5 Centimeter auseinander, binden einen Faden von 109 Centimeter Länge mit den Enden zusammen, legen ihn um die Nägel, spannen ihn auf dem Brett vermittels eines Bleistiftes und führen ihn durch Bewegung des letztern unter beständigem Anspannen ganz herum. Die Spitze des Bleistiftes beschreibt dann eine Figur, die einem Kreise ähnlich ist und Ellipse genannt wird. Während die Bahnellipse des Jupiter sehr wenig excentrisch ist, indem der Abstand der Nägel von einander nur den 21. Theil der übrigbleibenden Fadenlänge ausmacht, geht dieses Verhältniß bei Mars über $^1/_{11}$, bei Mercur sogar über $^1/_5$ hinaus, ist aber bei der Erde ($^1/_{60}$) und vollends bei Venus (etwa $^1/_{150}$) viel kleiner als bei Jupiter. Sehr groß ist die Excentricität der Bahn bei den Kometen und bei vielen Asteroiden.

Die Sonne steht nun nicht etwa an dem Punkte, welcher mitten zwischen beiden Nägeln, den sogen. Brennpunkten, sich befindet, sondern in einem dieser Brennpunkte selbst. Um der Bahn des Jupiter die richtige Lage im Planetensystem zu geben, müßten wir einen Nagel im Mittelpunkte der Zeichnung (Sonnenort), den andern ein wenig davon entfernt, etwa mitten zwischen Sonne und Erdbahn, und zwar in der astronomischen Länge 192° einschlagen. Wir sehen dann, daß der Planet, wenn er diese Länge erreicht hat (also von der Sonne aus in der Richtung der Randzahl 192 sich befindet), am weitesten von der Sonne absteht; er ist dann in seinem Aphelium oder seiner Sonnenferne. Sechs Jahre früher oder später ist er am entgegengesetzten Punkte seiner Bahn, im Perihelium oder der Sonnennähe, entsprechend der Länge 12°. Kurz vorher, bei 9°, war er, wie wir wissen, am tiefsten südlich, so daß die Zeit seiner größten Annäherung an die Sonne ungefähr mit der Zeit seiner größten südlichen Entfernung von der Hauptebene, der Moment seiner größten Entfernung von der Sonne (bei 192°) ungefähr mit dem Moment seiner größten nördlichen Entfernung von der Hauptebene (189°) zusammenfällt.

Weniger leicht als die Lage und Gestalt können wir uns die ungeheuere Größe der Jupiterbahn vorstellen. Die Erde ist im Mittel 14,86 Millionen Myriometer von der Sonne entfernt, Jupiter 5,203 Mal so weit, also 77,33 Millionen myriom. Diese Entfernung steigt im Aphel auf 81,06 und sinkt im Perihel auf 73,60 Mill. myriom. Die Summe beider Strecken, d. h. eine Länge von fast 155 Mill. myriom., ist der Abstand des Perihels vom Aphel oder die große Axe, d. h. der längste Durchmesser der riesigen Bahn. Uebrigens leiden alle diese Zahlen an einer kleinen Unsicherheit. Die Astronomie war nämlich bisher zwar im Stande, die Verhältnisse der Planetenentfernungen zur Entfernung der Erde von der Sonne mit hoher Genauigkeit zu ermitteln; die letztere Strecke jedoch selbst, der Maßstab des Sonnensystems, konnte trotz aller darauf verwandten Mühe noch nicht genauer als etwa auf den hundertsten oder hundertfünfzigsten Theil ihres Werthes bestimmt werden. Mit derselben Unsicherheit sind alle Angaben des Astronomen über Entfernungen im Weltraum (von unserm Monde abgesehen) behaftet; ja sie verdirbt auch die Angaben für Durchmesser, Oberflächen und Rauminhalte der Planeten in steigendem Verhältnisse.

Etwa 500 Mill. myriom. beträgt die Länge der ganzen Jupiterbahn. Der Planet durcheilt diesen Kreis in 4332,59 unserer Tage oder in 11 (julianischen) Jahren und 314,84 Tagen. Hieraus ergibt sich für jede Secunde eine Strecke von 1,3 myriom, während die Erde in derselben Zeit 3 myriom. zurücklegt. Doch ist seine Geschwindigkeit,

wie bei allen Planeten, etwas veränderlich; sie ist am größten im Perihel, am geringsten im Aphel [10]).

II. Entfernung und Größe des Jupiter.

Die richtige Erklärung des verwickelten scheinbaren Laufes der Planeten um die Erde ist uns seit Coppernicus geläufig. Wir dürfen aber nicht vergessen, daß der scheinbare Lauf mit der wechselnden Geschwindigkeit und dem Vor- und Rückwärtsgehen eine bereits dem grauen Alterthum bekannte Beobachtungsthatsache war, die irgend ein Mal gedeutet werden mußte. Es war nicht nur die Bewegung selbst, sondern auch ihre offen hervortretende Beziehung zur Sonne zu erklären. Das erstere, nicht auch das letztere, ist den griechischen Astronomen gelungen.

Lassen wir einen Punkt beständig den Umfang eines Rades durchlaufen und jedes Mal in einem Jahre einen Umlauf gegen den Uhrzeiger vollenden, gerechnet von einem weit entfernten Beobachter aus. Das Rad hat einen Halbmesser von 10 Centimeter, und sein Mittelpunkt wird selbst beständig auf dem Umfange eines Kreises von 52 Centimeter Radius herumgeführt, und zwar gleichfalls gegen den Uhrzeiger, so zwar, daß er in knapp 12 Jahren einen Umlauf macht. Dieser große Kreis heißt deferirender Kreis, der kleine (das Rad) heißt Epicykel. Steht im Mittelpunkt des deferirenden Kreises ein Beobachter, dann läuft der Mittelpunkt des Epicykels so um ihn herum, wie Jupiter um die Sonne. Läuft dagegen Jupiter in einem Jahre durch den Epicykel, dessen Mittelpunkt seinerseits in 12 Jahren den deferirenden Kreis durchläuft, so beschreibt Jupiter für einen im Mittelpunkt des letztern Kreises befindlichen Beobachter eine merkwürdig krumme Linie, die Epicykloide, in welcher er bald schneller, bald langsamer einherschreitet, zuweilen sogar für kurze Zeit rückläufig wird. Diese Bewegung hat die größte Aehnlichkeit mit der scheinbaren Bewegung Jupiters (und ähnlich ist es bei den andern Planeten); ja, wenn man überhaupt annehmen will, daß die Erde feststeht, so bleibt, um diese verwickelten scheinbaren Bewegungen in einfache Kreisbewegungen aufzulösen, kein anderes Mittel als der Epicykel übrig. Man konnte sogar, indem man eine geringe Neigung der Ebenen des deferirenden Kreises und des Epicykels annahm, die Thatsache, daß Jupiter zuweilen nördlich, zuweilen südlich von der Bahnebene der Erde sich befindet, gleichfalls erklären; in gewissem Umfange konnte man ferner durch excentrische Kreise den Ungleichheiten gerecht werden, die sich aus der elliptischen Bahn ergeben.

Es war also für den Standpunkt des Alterthums die Annahme der Epicykeln geometrisch einwurfsfrei. Man dachte sich jeden Planeten in

einem Epicykel laufend, dessen Mittelpunkt in größerm oder geringerm Abstande um die Erde lief; nur die Sonne sollte eine wirkliche Kreisbahn um die Erde beschreiben.

Dennoch mußten eigentlich auch schon die Griechen über eine merkwürdige Beziehung zwischen den scheinbaren Planetenbahnen stutzig werden. Zunächst verlangt die Hypothese, daß sämmtliche Epicykeln, der des Mars so gut wie der des Jupiter oder Saturn, in genau einem Jahre durchlaufen werden. Ferner sieht man leicht, daß jeder Planet dann rückläufig ist, wenn er durch seine epicyklische Bewegung am tiefsten in den deferirenden Kreis geführt, d. h. der Erde am nächsten ist; wenn er dagegen in der rechtläufigen Bewegung die größte Schnelligkeit zeigt, ist er am weitesten von der Erde entfernt oder steht für uns jenseits des Mittelpunktes des Epicykels. Nun findet aber das Erstere immer dann statt, wenn der Planet für uns mit der Sonne in Opposition, d. h. ihr gerade gegenüber, das andere, wenn er mit ihr in Conjunction, d. h. in derselben Richtung mit ihr steht. Woher diese räthselhafte Beziehung zwischen den Umläufen und Stellungen von Körpern, die durch ungeheuere Zwischenräume von einander getrennt sind?

Auf dem Standpunkte, den die Wissenschaft durch die Geistesthat des Frauenburger Domherrn gewonnen hat, ist es leicht, die Nothwendigkeit jener Wechselbeziehung einzusehen. Die ganze Bewegung des Planeten im Epicykel ist eben nur ein Trugbild, hervorgerufen dadurch, daß wir die Eigenbewegung der Erde nicht sehen und sie darum in die fernsten Welträume [11]) zu projiciren genöthigt sind.

Die vorstehende Betrachtung hatte den Zweck, dem Leser in einfacher Weise die Beantwortung der Frage nahe zu legen, wie man die Entfernung Jupiters gefunden hat. Nehmen wir die Wahrheit, nämlich das System des Coppernicus, oder die Scheinwahrheit der Epicykeln an: jedenfalls zeigt sich, daß bei den bekannten Umlaufszeiten die Größe des Epicykels zu der des deferirenden Kreises in einem bestimmten Verhältnisse stehen muß, damit in der scheinbaren Bewegung eine Schlinge von bestimmter Gestalt und Größe herauskomme. Man kann aus der Gestalt der in der scheinbaren Bewegung zeitweilig beschriebenen Schlinge, aus der Schnelligkeit des scheinbaren Vor- und Rücklaufes jenes Verhältniß bestimmen und sieht dann bei Annahme des coppernicanischen Systems unmittelbar, daß es das Verhältniß der Entfernungen Sonne-Planet und Sonne-Erde ist. Auf diese Weise ergibt sich, daß Jupiter in einem etwa 5,2 Mal größern Kreise um die Sonne wandelt, als unsere Erde.

Die Bewegungsgesetze von Kepler und Newton geben für die Beziehung zwischen Umlaufszeiten und Entfernungen der einzelnen Planeten einen genauern Anhaltspunkt. Es lassen sich nun, da man die Umlaufs-

zeiten durch die Beobachtungs-Arbeiten vieler Jahrhunderte auf das Genaueste kennt, die Verhältnisse zwischen den Entfernungen im Planeten-System gleichfalls sehr scharf bestimmen, viel besser, als durch bloße Beobachtung der scheinbaren Bahnen, die allerdings das Ergebniß fortwährend bestätigt. So ist denn Jupiter von der Sonne 5,20280 Mal so weit entfernt als die Erde. Daraus ergeben sich, wenn man die Entfernung der Erde von der Sonne kennt, die im vorigen Capitel mitgetheilten Zahlen, welche mit der dort gleichfalls hervorgehobenen Unsicherheit behaftet sind.

Auch die Entfernung Jupiters von der Erde ist nun für jeden gegebenen Zeitpunkt mit Rücksicht auf die beiderseitige Stellung in den Bahnen, auf Excentricität und Neigung, verhältnißmäßig leicht zu berechnen. Im Allgemeinen ist der Planet uns in seiner Sonnen-Opposition am nächsten und in der Sonnen-Conjunction am weitesten von uns entfernt.

Vielleicht eben so wichtig wie die Erfindung des Fernrohres selbst war für die Astronomie die Anbringung der Meß-Apparate an dasselbe. Hierdurch war man in den Stand gesetzt, die scheinbaren Durchmesser der Planeten zu bestimmen, d. h. die Gesichtswinkel, unter welchen sie unserm unbewaffneten Auge erscheinen würden, wenn dieses bei so geringen Winkeln überhaupt einen Unterschied machen könnte. Bei Jupiter, und zwar bei ihm zuerst unter allen Himmelskörpern, entdeckte man [12]), daß die Scheibe, als welche er im Fernrohr sich darstellt, nicht kreisförmig, sondern elliptisch ist. Um also die Gestalt und Größe des Planeten kennen zu lernen, hatte man die große und die kleine Axe der Scheibe gesondert im Winkelmaße auszumessen und nach der Messung mit Rücksicht auf die jeweilige Entfernung Jupiters von der Erde die wahre Größe jener Axen im Längenmaße auszurechnen. Offenbar sind die herauskommenden Zahlen mit der gleichen Unsicherheit behaftet, wie die Entfernung der Erde von der Sonne, jener große Maßstab, mit welchem wir alle Entfernungen im Planeten-System zu messen genöthigt sind. Geben wir nun zunächst die Axen im Winkelmaß, reducirt auf den mittlern Fall, wo die Entfernung Jupiters von der Erde gleich seiner mittlern Entfernung von der Sonne ist. Nach O. Struve betragen in diesem Falle die beiden Durchmesser 38,3" und 35,5" Winkel-Secunden. Neuestens [13]) hat W. Schur in Göttingen die Figur der Jupiterscheibe einer sorgfältigen Ausmessung unterzogen und hierbei auch der Frage, ob die Scheibe wirklich als Ellipse betrachtet werden kann und nicht etwa eine verwickeltere Curve ist, seine Aufmerksamkeit zugewandt. Die Messungen wurden bei 260facher Vergrößerung (wo Jupiter 4—5 Mal so groß erscheint wie der Vollmond für das unbewaffnete Auge) mit dem Heliometer, einem der feinsten Meßwerkzeuge

des Astronomen, vorgenommen. Der Heliometer liefert von einem betrachteten Gegenstande zwei sich berührende Bilder, da das Objectivglas längs eines Durchmessers zerschnitten ist. Durch ein drehbares Prisma vor dem Ocular ließ es sich erreichen, daß die Bilder entweder neben- oder übereinander standen, und die Messungen in diesen zwei Lagen ergeben verschiedene Resultate — eine Thatsache, die nur durch physiologische Täuschungen zu erklären ist. Durch Zusammenfassung erhält Schur 37,428″ für die große Axe a und 35,020″ für die kleine Axe b, berechnet für die mittlere Entfernung. Die Abplattung oder das Verhältniß $\frac{a-b}{a}$ ist also $= 1 : 15{,}54 = 0{,}06435$ [14]), während für die viel schwächer abgeplattete Erdkugel nach den neuesten Bestimmungen [15]) die Verhältnißzahl 1 : 300,2 gilt. Der Leser kann die Meridian-Ellipse des Jupiter leicht darstellen, wenn er zwei Nägel in 132 mm Entfernung in's Zeichenbrett schlägt, einen geschlossenen Faden von 506 mm Länge nimmt und wie bei der Construction der Bahn-Ellipse im vorigen Capitel verfährt. Die erhaltene Figur, deren starke Abplattung, gleich der des Jupiter selbst, auf den ersten Blick ersichtlich ist, denken wir uns ausgeschnitten und auf einem hohen Stabe vor dunkelm Hintergrunde befestigt. Sie wird dann, aus einer Entfernung von 2,06 Kilometer mit dem Fernrohre beobachtet, eben so groß erscheinen wie Jupiter in mittlerer Entfernung; wollen wir sie so groß sehen, wie Jupiter in der Sonnen-Conjunction oder -Opposition, so müssen wir sie aus 1,7 bezw. 2,5 km Entfernung betrachten. Allerdings ist Jupiter nur scheinbar eine elliptische Scheibe; schon die wenigen Stunden einer Winternacht genügen, um uns zu zeigen, daß er eine Kugel oder doch ein kugelähnlicher Körper, ein Sphäroid ist, das in zehn unserer Stunden um die kleine Axe sich dreht. Wir können durch Umdrehung der gezeichneten Figur um ihre kleine Axe [16]) den Körper entstanden denken oder auch, wenn die Figur aus einem Rahmen von Holz oder Pappdeckel ausgeschnitten war, ihn aus Thon oder Gips wirklich herstellen. Wenn wir um diese Kugel, ihrem Aequator parallel, einige hellere und dunkelere Streifen legen, so ist der Anblick, den Jupiter in einem kleinen Fernrohr darbietet, ziemlich gut wiedergegeben. Nur insofern gewährt die aus Papier geschnittene Figur ein besseres Bild des Planeten, als sie ungefähr denselben Bruchtheil des erhaltenen Sonnenlichtes zurückstrahlt wie er, also auf ganz dunklem Hintergrunde ungefähr eben so hell wie Jupiter in der Mitte seiner Scheibe erscheint, wenn sie von der Sonne bestrahlt wird [17]).

Andere Astronomen haben die Abplattung der Jupiterscheibe etwas verschieden bestimmt, so Dominicus Cassini (1691) zu 0,067, Pound

0,075, Short 0,071, O. Struve (nach den vorhin angegebenen Axen) 0,073. Schur's Bestimmung nähert sich also wieder der ältesten und hat jedenfalls den Vorzug, daß zur Feststellung der Ellipticität die Durchmesser in sehr verschiedenen Neigungen gegen die Hauptaxen gemessen wurden. Die Schwierigkeit der Messung leuchtet ein, wenn wir uns das eben beschriebene Modell in die angegebene günstigste Entfernung von 1,7 km versetzt denken.

Suchen wir uns nun die wahre Größe Jupiters zu veranschaulichen. Die Mathematik lehrt, daß eine Kugel unter dem Winkel von 1" erscheint, wenn ihre Entfernung vom Auge 206265 Mal so groß ist wie ihr wahrer Durchmesser. Beträgt also dieser 1 cm, so erscheint sie 1" groß im Abstande von 206265 cm = 2,06 km = 0,206 myriom. Da nun die große Axe unseres Modells, wie man leicht sieht, zu 37,4 cm angenommen wurde, so erscheint das Modell in dem angegebenen Abstande 37,4" groß, d. h. eben so groß, wie uns Jupiter in mittlerer Entfernung erscheint. So viel diese Entfernung, nämlich 77,3 Millionen myriom., größer ist als 0,206 myriom., eben so viel Mal übertrifft die große Axe Jupiters die unseres Modells, — nämlich etwa 375 Millionen Mal. Natürlich ist auch die kleine Axe mit dieser Zahl zu multipliciren. So erhalten wir 14037 myriom. für den Aequator-Durchmesser a, 13134 myriom. für die Rotations-Axe b des Planeten. Und da für die Erde a = 1275,6, b = 1271,3 myriom. ist[18]), so übertrifft der Aequator-Durchmesser des größten aller Planeten den der Erde im Verhältniß 11,0, während die Jupiter-Axe wegen der stärkern Abplattung nur 10,35 Mal so groß wie die Erdaxe ist. Die Mathematik zeigt dann weiter, daß die Oberfläche und der Rauminhalt des Jupiter die entsprechenden Maßverhältnisse der Erde etwa 116 Mal, beziehungsweise 1260 Mal übertreffen.

Während aber die Zahlen für die Durchmesser Jupiters mit Rücksicht auf die mehrerwähnte Unsicherheit der Sonnen-Entfernung vielleicht auf den hundertsten Theil ihres Werthes verbürgt werden können, kann man bei der Oberfläche aus demselben Grunde nur etwa für den fünfzigsten, beim Rauminhalt für den dreißigsten Theil einstehen[19]).

Vergleichen wir endlich den Jupiter mit der Sonne, so ergibt sich aus den für ihre Größe ermittelten Zahlen, daß sie ihren riesenhaften Planeten dem Aequator-Durchmesser nach ziemlich genau 10 Mal, dem Flächeninhalt nach über 100 Mal, dem Rauminhalt nach mehr als 1000 Mal in sich bergen kann[20]).

Die auch im Verhältniß zu seiner Entfernung nicht ganz unbedeutende Größe Jupiters bringt es mit sich, daß er für uns einer der hellsten Himmelskörper ist, indem er gewöhnlich nur von der Sonne,

dem Monde und der Venus an Lichtstärke übertroffen wird. Von den andern Planeten kann nur Mars unter günstigen Umständen, nämlich wenn die Opposition nahezu mit dem Perihel seiner sehr excentrischen Bahn zusammenfällt, wie dieses namentlich im Spätsommer des Jahres 1877 der Fall war, den Jupiter an Helligkeit erreichen. Der letztere ist in mittlerer Opposition nach Zöllner's[21]) Bestimmung 10,2 Mal heller als der Fixstern erster Größe Capella, dagegen 5 472 000 000 Mal lichtschwächer als die Sonne. Wenn man seinen Ort am Himmel genau kennt (z. B. durch die Nähe des zufällig mit ihm in Conjunction stehenden Mondes), so ist er, gleich Venus, Mercur und Mars, von einem scharfen Auge leicht am hellen Tage aufzufinden. Selbst Sirius, der glänzendste aller Fixsterne, ist nur halb so hell wie Jupiter.

III. Bewegung und Größe der Jupiters-Monde; Masse und Anziehung des Jupiter.

Auf dem weiten Wege, den Jupiter um die Sonne beschreibt, wird er von vier kleinen Weltkörpern begleitet, die bereits in schwachen Fernrohren sichtbar sind, wie sie denn auch, gleich nachdem Galilei das Fernrohr erfunden oder den Holländern nachconstruirt hatte, am 7. Januar 1610 von ihm entdeckt wurden.

Wären die Monde (Trabanten, Satelliten) des Jupiter ihrem Centralkörper nicht so sehr nahe gerückt, so wären sie, vielleicht mit Ausnahme des vierten, wohl schon den Alten bekannt gewesen; man würde ihre regelmäßige Bewegung schon nach kurzer Zeit erkannt und auch wohl richtig geschlossen haben, daß das System des Jupiter eine Miniatur-Ausgabe des Sonnen-Systems darstelle, daß auch in dem letztern der größte Körper von den kleinern umkreist werde. Die drei innern Monde sind nämlich nur etwas schwächer als Fixsterne fünfter Größe, die für freie Augen gut sichtbar sind; nur der vierte Mond geht ein wenig unter die sechste Größe herab, würde daher, wenn er für sich am Himmel stände, doch nur noch von sehr scharfen Augen gefunden werden. Nun stehen die Monde anscheinend so weit vom Jupiter, daß sie für unbewaffnete Augen noch eben in seinen Strahlen verschwinden. Der berühmte französische Astronom Arago construirte ein Fernrohr ohne Vergrößerung, das also nur ein scharfes Einstellen der Objecte ermöglichte. In diesem Instrument konnten sämmtliche jüngern Astronomen der Pariser Sternwarte den dritten Mond sehen, wenn seine Entfernung vom Jupiter groß genug war[22]). Weil nun der Vortheil eines solchen Fernrohres nur darin bestehen kann, daß es die Strahlen,

mit welchen das Auge gemäß seiner innern Structur die hellen Sterne umgeben sieht, bedeutend kürzer macht und hierdurch die Satelliten dem störenden Einfluß der Strahlen entzieht, so glaubte Arago schließen zu dürfen, daß ein sehr gut gebautes Auge, welches die Strahlen an sich schon recht klein sähe, auch die Jupitersmonde, mindestens den dritten, vom Hauptkörper würde trennen können. So erklärte Arago die von verschiedenen Seiten behauptete Sichtbarkeit eines oder zweier Satelliten, so weit es sich nicht um Betrug oder Selbsttäuschung handelte. Auch nach Arago sind solche Wahrnehmungen mit Zuversicht behauptet worden. Für die Trennbarkeit eng benachbarter Sterne hat Mache[23]) ein empirisches Gesetz abgeleitet, das innerhalb gewisser Grenzen gilt und nach welchem anscheinend kein Jupitersmond neben dem Centralkörper sichtbar sein kann. Allerdings kann dieses Gesetz nur als eine Annäherung an die Wahrheit gelten, wie wir bereits an anderer Stelle[24]) erörtert haben; bei sehr großer Helligkeit ist es vielleicht ganz unbrauchbar. Dennoch möchten wir gegen die Trennbarkeit der Satelliten vom Jupiter die sehr gewichtige Autorität von Heis anführen, der sehr enge Sternpaare trennen konnte, die Sterne durchaus ohne Strahlen sah[25]), dennoch aber die Satelliten mit freiem Auge nicht sehen konnte[26]). Es wird sich höchstens um sehr vereinzelte Ausnahmefälle handeln.

Daß alle vier Monde den Jupiter umkreisen, wurde sehr bald erkannt. Denken wir uns eine helle Laterne, die mitten im freien Felde steht; ein Wagen fährt in gleichbleibendem Abstande beständig um sie herum und trägt dabei eine Lampe, die so hoch wie die feste Laterne über den Erdboden emporragt. In gleicher Höhe befindet sich ein weit entfernter Beobachter, welcher das ihm bekannte ruhende und auch das bewegliche Licht sieht, die Bewegung des letztern aber jedenfalls richtig deuten wird, da sie zwar in gerader Linie, hin und her, sich zu vollziehen scheint, an den Enden dieser Linie jedoch regelmäßig am langsamsten, in der Mitte am schnellsten. Der Beobachter befindet sich in der Bahnebene der beweglichen Lampe; und ungefähr in demselben Fall befinden wir uns mit den Jupitersmonden, weil ihre Bahnen gegen die Bahnebene ihres Centralkörpers nur sehr geringe Neigungen haben und darum auch mit der Ebene der Erdbahn keine erheblichen Winkel bilden. Es kommt hinzu, daß Jupiter nach der von der Sonne — und also auch von der Erde — abgewandten Seite einen mächtigen, seiner Größe entsprechenden elliptischen Schattenkegel wirft, in welchen die Trabanten bei ihren Umläufen regelmäßig eintauchen; ferner, daß sie häufig genug vor der Jupiterscheibe einherziehen. Von den höchst merkwürdigen Erscheinungen, mit welchen diese Vorübergänge verknüpft sind, sei vorläufig nur erwähnt, daß die Satelliten ihren Schatten auf den Central-

körper werfen, daß dieser Schatten als kleiner verschwommener Fleck wirklich beobachtet werden kann und, je nach der Stellung zur Sonne und Erde, gewöhnlich neben dem Satelliten selbst sichtbar ist, auch wohl ihn zu umgeben scheint. Das ist ein Beweis dafür, daß Jupiter sein Licht, oder doch den größten Theil desselben, von der Sonne bezieht.

Daß die Satelliten unter einander und mit dem Centrum der Jupiterscheibe immer ungefähr in gerader Linie zu stehen scheinen, versteht sich nach dem Gesagten von selbst; ebenso, daß diese Linie ungefähr die Richtung des Thierkreises hat, wie schon in der Einleitung angedeutet wurde. Bei der Ermittelung ihrer Umlaufszeiten hat man zu berücksichtigen, daß diese vom Jupiter selbst aus gerechnet werden müssen, daß wir die Umläufe aber von der gegen Jupiter sich beständig verschiebenden Erde aus beobachten. Es ist leicht einzusehen, daß wir die wahre Geschwindigkeit des Umlaufes nur dann beobachten können, wenn Jupiter „stationär" ist, d. h. wenn er für uns die rechtläufige Bewegung mit der scheinbar rückläufigen oder umgekehrt vertauscht. Ist er dagegen, wie gewöhnlich, rechtläufig, so erscheint die Bewegung der Trabanten, welche im Sinne der meisten Bewegungen unseres Systems, also für einen auf dem Nordpol des Jupiter stehenden Beobachter gegen den Uhrzeiger sich vollzieht, für uns ein wenig verlangsamt, während sie bei rückläufiger Bewegung Jupiters, also zur Zeit der Opposition, etwas beschleunigt erscheint. Viel einfacher würden die Verhältnisse für einen auf der Sonne stehenden Beobachter liegen, indem ein solcher den Umlauf der Satelliten regelmäßig etwas verzögert sehen würde. Er sähe z. B. in einem bestimmten Augenblick den vierten Satelliten gerade mitten vor der Jupiterscheibe; ist nun der Satellit ganz um den Jupiter gelaufen, so ist auch dieser mittlerweile voran gerückt; der Mond muß also noch ein wenig weiter laufen, um wieder zwischen Jupiter und Sonne zu stehen. Während der wahre, vom Jupiter aus zu beobachtende Umlauf der siderische[27]) genannt wird, heißt der von der Sonne aus zu beobachtende Umlauf der synodische[27]); er ist es, nach welchem die Verfinsterungen der Trabanten durch ihren Centralkörper und kleiner Theile des letztern durch erstere sich richten.

Aus den unten[28]) zusammengestellten Umlaufszeiten der Monde und ihren Entfernungen vom Jupiter war es nach dem Newton'schen Anziehungsgesetze[29]) möglich, das Verhältniß der Masse Jupiter's zu der Sonnenmasse zu berechnen. Dasselbe Gesetz erlaubt uns eine Berechnung dieser Verhältnißzahl aus den Störungen, welche Jupiter auf andere Planeten und auch auf Kometen ausübt. Mit großer Uebereinstimmung gelangt man[30]) zu dem auf ein paar Zehntel Werthe 1 : 1047,55; d. h. die Sonne ist 1047,55 Mal so massenhaft wie ihr größter Planet.

Wir kennen also auffallender Weise die Masse des Jupiter weit genauer als seine Entfernung, da die letztere mit der mehrfach erwähnten Unsicherheit der Sonnen-Parallaxe behaftet ist. Denn alle Beobachtungen, welche man über die Jupitersmonde, die nach Faye und Winnecke benannten Kometen, über die Planeten Saturn, Pallas, Juno und Vesta[31]) gemacht hat, beruhen auf Winkelmessungen, die uns das Verhältniß unbekannter und unmeßbarer Linien zu dem großen Maßstabe des Systems, der Sonnenweite ergeben; wie lang dieser Maßstab in Kilometern ist, kommt für jene Messungen an sich nicht in Betracht. Sobald wir ihn aber fehlerhaft in Kilometern angeben, übertragen wir den Fehler auch auf alle andern Entfernungen im System. Die Berechnung der Massen, die nur vom Verhältnisse der Entfernungen abhängt, bleibt von dem Fehler frei[32]).

Die Bahnen der beiden innern Jupitersmonde sind nicht merklich excentrisch[33]), und auch die der beiden äußern können mit großer Annäherung als Kreise betrachtet werden. Alle vier Körper stören sich gegenseitig in ihren Bewegungen, und so war es möglich, auch ihre Massen zu bestimmen. Sie haben, ausgedrückt in Theilen der Jupitermasse, die Größen 0,0000169; 0,0000232; 0,0000884; 0,0000425. Der vierte Satellit ist also etwas massenhafter als die beiden ersten zusammen, während er, mit ihnen verbunden, noch immer nicht die Masse des dritten erreichen würde. Alle vier Weltkörper zusammen haben etwas mehr als den 6000. Theil der Jupitersmasse und etwa die vierfache Masse des Erdmondes.

Die Masse des Jupiter in Verbindung mit seiner Größe lehrt uns nun seine Dichtigkeit kennen, und damit kommen wir der Frage nach der innern Beschaffenheit des merkwürdigen Gestirnes etwas näher. Wir haben früher gesehen, daß der Rauminhalt der Sonne den des Jupiter etwas über tausendmal in sich faßt. Wegen der Schwierigkeit der Messungen ist diese Zahl mit einer kleinen Unsicherheit behaftet, die aber an der merkwürdigen Thatsache kaum etwas ändert, daß so ziemlich dieselbe Zahl — tausend und einige Zehner — uns das Verhältniß der Massen und das der Rauminhalte der beiden größten Körper unseres Systems angibt, d. h. daß beide Körper ziemlich genau dieselbe mittlere Dichtigkeit haben. Dieses Ergebniß wird noch überraschender, wenn wir hören, daß die (auf ähnliche Weise abgeleitete) Dichtigkeit des Uranus nur etwa um den 6. Theil kleiner, die des Neptun um den 5. Theil größer als die des Jupiter ist, während Saturn noch nicht halb so dicht ist wie Jupiter. Die innere Gruppe der Planeten weist dagegen viel größere Dichtigkeiten auf, indem Mars beinahe drei Mal, Venus über drei Mal fester gewoben ist als Jupiter, und auch für

Mercur (dessen Masse noch nicht mit hinreichender Genauigkeit hat bestimmt werden können) Aehnliches zu gelten scheint. Die Erde hat die größte Dichte unter allen großen Planeten, nämlich etwas mehr als die vierfache des Jupiter. Die Bestimmung der Erdmasse war mit größern Schwierigkeiten als die der Jupitersmasse verknüpft. Wir können das Verhältniß der Entfernung unseres eigenen Mondes zur Sonnenweite viel weniger genau bestimmen, als die entsprechenden Größen für Jupiter, gerade darum, weil der Mond uns so nahe ist, weil wir die Bahn unseres Trabanten nicht wie die eines entfernten Himmelskörpers von weitem übersehen und messen können, endlich auch, weil die Mondmasse verhältnißmäßig sehr groß, nämlich gleich dem 81. Theil der Erdmasse ist. Das Verhältniß der Sonnenmasse zu dieser setzen wir[34]), die Ergebnisse verschiedener Methoden zusammenfassend, gleich 327214, wobei die Mondmasse mitgerechnet ist, während die Erdmasse allein 331300 Mal in der Sonnenmasse enthalten ist. Die Unsicherheit dieser Zahlen beträgt etwa den 500. Theil. Wir finden dann weiter, daß die Jupitersmasse etwa 316 Mal so groß wie die Erdmasse ist; da aber Jupiter nicht nur 316, sondern 1260 Mal größer ist als die Erde, so muß er eine vier Mal geringere Dichte haben.

Durch die feinen Methoden der neuern Physik ist es nun möglich gewesen, die Dichtigkeit der Erde auch mit der von bekannten chemischen Stoffen zu vergleichen. Man beobachtete z. B. die Ablenkung, welche das Bleiloth durch ein Gebirge von bekannter Größe und mineralischer Zusammensetzung erfährt. Die Masse des Gebirges, mit Hülfe dieser gegebenen Stücke in Kilogrammen ausgedrückt, konnte man mit der unbekannten Erdmasse vergleichen; denn das Verhältniß beider spiegelte sich in der Stellung des Lothes ab. So ließ die Erdmasse sich gleichfalls in Kilogrammen angeben, und da man aus der bekannten Größe des Erdballes schließen konnte, wie viel er wiegen würde, wenn er aus reinem Wasser bestände, so ließ die weitere Frage, wie viel dichter das Erdinnere sei als das Wasser, sich leicht beantworten. Setzen wir[34]) die nach dieser und ähnlichen Methoden abgeleitete Dichte des Erdballes = 5,576, wo die letzten zwei Stellen noch etwas unsicher sind, so finden wir durch Division mit 4 die Zahl 1,39 für die Dichtigkeit des Jupiter — oder auch für die der Sonne, weil ja beide Zahlen ungefähr einander gleich sind. Der riesige Planet ist also aus Stoffen gewoben, die im Mittel noch nicht anderthalbmal so schwer sind als das Wasser; unter den bekanntern irdischen Stoffen kommen ihm Braunkohle (spec. Gewicht 1,22), trockenes Ebenholz (1,26), Gyps (1,86), Kalkmörtel (1,75), Bitterspath (1,40), trockenes Pockholz (1,30), feiner trockener Sand (1,52) verhältnißmäßig nahe. — Wer den bisherigen Gang unserer Be-

trachtung aufmerksam verfolgt hat, wird erkennen, daß die Zahl 1,39 für das Verhältniß der Dichte des Jupiter zu der des Wassers mit den wahrscheinlichen Fehlern folgender Rechnungsgrundlagen behaftet ist: 1) der Sonnen-Parallaxe (vergl. bes. Anm. 19); 2) der gemessenen Durchmesser der Jupiterscheibe, deren Fehler wie der der vorigen Größe mit seinem dreifachen Werthe eingeht; 3) der Masse des Jupiter; 4) der Erdmasse; 5) der Dichtigkeit der Erde. Die dritte und nächst ihr die vierte Zahl ist wohl die sicherste. Im Ganzen wird die Zahl 1,39 vielleicht nur um den 20. Theil ihres Werthes fehlerhaft sein. Wir dürfen also sagen, daß wir sie mit leidlicher Genauigkeit kennen; und um die Möglichkeit einer solchen Kenntniß nachzuweisen, haben wir dem freundlichen Leser im letzten Abschnitte etwas viel Zahlenkost bieten müssen.

IV. Weiteres über die Bewegung der Jupitersmonde. Wichtigkeit ihrer Finsternisse.

Wäre es uns vergönnt, vom Jupiter aus die Bewegungen seiner Trabanten zu verfolgen, so würde sich unserm Auge vieles Ueberraschende darbieten. Zunächst hätten wir dem Umstande Rechnung zu tragen, daß die Entfernungen der Monde mit der Größe des Planeten selbst noch gut vergleichbar sind, indem sie beziehentlich 5,9, 9,5, 15,1, 26,5 Halbmesser des Jupiter von seinem Centrum entfernt sind. Schon bei unserm Monde, welcher doch 60 Erdhalbmesser vom Mittelpunkte der Erde absteht, müssen wir in Rücksicht ziehen, daß der Ort, von dem aus wir beobachten, durch die Axendrehung bald dem Gegenstande unserer Aufmerksamkeit näher kommt, bald von ihm weggerückt wird. Es ist klar, daß wir, wenn etwa der Mond für uns aufgeht, ihn an einen andern Ort der Himmelskugel, d. h. zwischen andere Fixsterne, versetzen müssen, als es ein im Centrum der durchsichtig gedachten Erdkugel befindlicher Beobachter thun würde. Diese Verschiebung, tägliche Parallaxe genannt, ist für den Mond am größten; je entfernter ein Himmelskörper ist, desto weniger kommt sie für uns in Betracht; so ist sie beim Planeten Neptun fast und bei den Fixsternen ganz unmerklich. Während sie für uns und unsern Mond etwa 1° im Winkel ausmacht (für die Sonne, wie wir wissen, 8,8″), geht sie für den ersten Jupitersmond in Bezug auf einen Bewohner des Planeten auf 15°, für die drei andern Monde noch immer bis auf 6°, 4° und 2° hinauf.

Die Parallaxe läßt sich verwerthen, um die Entfernungen der Himmelskörper von uns zu bestimmen; gäbe es Jupitersbewohner, so

würden sie, zumal da sie in der schnellen Axendrehung ihrer Welt ein vorzüglich gutes Zeitmaß hätten, mit Hülfe der großen Parallaxen jedenfalls die Abstände ihrer Monde rasch mit großer Genauigkeit finden können; an der Hand der direct zu beobachtenden Umlaufszeiten hätten sie auch das dritte Kepler'sche Gesetz vielleicht schon gefunden. Diese „Zenopoliten“ [35]) würden nun, wenn sie die von der Parallaxe befreiten, d. h. für den Mittelpunkt ihrer Weltkugel umgerechneten, Oerter der Trabanten an der Himmelskugel bestimmten, dieselben in ähnlicher Weise in astronomischer Länge angeben, wie wir es (vergl. das I. Capitel, besonders die 10. Anmerkung) thun. Der Anfangspunkt der Zählung wäre beliebig in dem großen Kreise anzunehmen, in welchem die Aequatorebene Jupiters die Himmelskugel schneidet.

Es ist nun dem irdischen Astronomen leicht, seine Beobachtungen der Jupitersmonde auf einen gedachten Beobachter im Innern Jupiters umzurechnen und so die „jovicentrischen Längen“ der Satelliten anzugeben. Gleich den heliocentrischen Längen der großen Planeten wachsen sie beständig von 0°—360°, wo die Zählung von neuem beginnt. Und weil die Bahnen der zwei äußern Trabanten etwas excentrisch sind und alle Bahnen etwas von den Störungen beeinflußt werden, unterscheidet man auch die „mittlere Länge“, die man einfach der Zeit proportional wachsen läßt, von der „wahren Länge“.

Die mittlern jovicentrischen Längen der drei innern Monde sind durch ein merkwürdiges Gesetz verbunden, das erst von dem großen Laplace vollständig erkannt und theoretisch begründet wurde [36]).

Nach der Seite, welche von der Sonne abgewandt ist, wirft Jupiter einen Schatten, dessen Gestalt sich leicht berechnen oder auch zeichnen läßt. In den meisten Schul-Atlanten finden wir zur Erklärung der Mondfinsternisse eine Durchschnittszeichnung vom Erdschatten. Sonne und Erde erscheinen als zwei auseinanderfallende Kreise. Die Planimetrie lehrt, daß je zwei solcher Kreise vier gemeinsame Tangenten (Berührungslinien) haben, und zwar zwei äußere und zwei innere Tangenten. Die Centrale oder Verbindungslinie der Centra wird von den äußern Tangenten äußerlich, von den innern innerlich im Verhältnisse der Radien getheilt [39]). Die äußern Tangenten begrenzen jenseits der Erde ein dreieckiges Feld, den Kernschatten, und jenseits ihres Durchschnittspunktes den in's Unendliche ragenden Ringschatten. In erstern dringt gar kein Sonnenstrahl, in letztern nur Randstrahlen. Dagegen begrenzen die innern Tangenten beiderseits ein Feld, welches jenseits der Erde sich bis in's Unendliche erstreckt und Halbschatten genannt wird. In dieses Feld dringt ein Theil der Sonnenstrahlen, und zwar ein desto größerer, je weiter wir uns vom Kernschatten entfernen.

Um die wahre räumliche Gestalt des Schattens zu erhalten, müssen wir die Figur um die Centrale gedreht denken. Aus den Kreisen werden dann Kugeln, aus den Feldern Kegelräume, und zwar der ganz begrenzte Kernschattenkegel, der jenseits der Erde unbegrenzte Ringschattenkegel und der beide umschließende Halbschattenkegel. Die Tangenten beschreiben die Mäntel dieser drei Kegelräume.

Der Kernschatten der Erde erstreckt sich nur etwa um den hundertsten Theil der Sonnenweite oder um 150000 myriom. in den Weltraum. Der Schattenkegel des Jupiter ist, weil dieser Körper im Durchmesser etwa elf Mal größer und zudem fünf Mal weiter als die Erde von der Sonne entfernt ist, rund fünfundfünzig Mal länger als der unseres eigenen Planeten, d. h. er erstreckt sich um mehr als die halbe Entfernung Sonne-Erde in den Weltraum.

Ein Schatten als rein geometrisches Gebilde ist mit den Augen nicht wahrnehmbar; er wird es jedoch theilweise oder gänzlich, wenn sich Körper in ihm befinden, die gar kein Licht oder doch nur reflectirtes und gebrochenes Licht erhalten und dann mit andern vollbeleuchteten Körpern verglichen werden können. Sobald z. B. die Sonne untergegangen ist, sehen wir am östlichen Horizonte den riesenhaften Erdschatten aufsteigen, gegen die westlichen und obern, noch vom Sonnenlichte bestrahlten Luftschichten durch ein rothes Band abgegrenzt; allmälig steigt er höher, bis wir durch die Axendrehung der Erde ganz in ihn eingetaucht sind. Ein viel weiter entferntes Stück des Erdschattens, etwa um ein Viertel seiner ganzen Länge von der Erde abstehend, sehen wir bei Mondfinsternissen von unserm Nachtgestirn durchlaufen.

Für die richtige Beurtheilung der Finsterniß-Erscheinungen der Jupitersmonde ist es nützlich, sich den Schatten des Planeten als ein greifbares, mit Materie erfülltes Gebilde vorzustellen und von einer Sichtbarkeit dieses Gebildes zu sprechen. Der Kernschatten wird also jetzt als ein ungeheuerer elliptischer[40]) Kegel gedacht, welcher mit ganz allmäliger Verjüngung sich auf der Nachtseite des Planeten, genau der Sonne entgegengesetzt, in den Weltraum erstreckt. Wie stehen wir zu diesem Kegel? Wenn zur Zeit der Sonnen-Conjunction (vergl. Cap. II) Jupiter für uns in derselben Richtung steht wie die Sonne, obwohl in viel bedeutenderer Entfernung, so sehen wir von dem Planeten nichts. Wir würden aber von seinem Schatten in dieser Lage auch dann nichts sehen können, wenn Jupiter selbst zu sehen wäre, weil er den (Kern-)Schatten offenbar ganz verdeckt. Nun verschieben sich Erde und Jupiter im Raume, und die Zeichnung der Bahnen ergibt leicht, daß Jupiter nun allmälig rechts (westlich) von der Sonne sichtbar werden oder aus den Strahlen

der Morgendämmerung auftauchen wird. Wir sehen dann (bildlich gesprochen) erst die Spitze, dann noch einige tiefer gelegene Niveaux des Schattenkegels rechts hinter dem Jupiter hervorkommen. Am vortheilhaftesten ist offenbar die Sonnen-Quadratur, d. h. die Stellung, in welcher die von der Erde nach Jupiter und der Sonne gezogenen Linien einen rechten Winkel mit einander machen. Nach ihr beginnt die Schattenspitze für unser Auge sich wieder nach links zu ziehen, immer größere Theile bergen sich hinter dem Jupiter, bis dieser zur Zeit der Sonnen-Opposition wieder vollständig den Kegel verdeckt. Allmälig tritt dann der Schatten links hinter dem Jupiter heraus, die sichtbare Spitze ist zur Zeit der zweiten Quadratur am größten, wandert dann wieder nach rechts und ist in der Sonnen-Conjunction abermals hinter dem Jupiter. Damit ist ein synodisches Jupitersjahr[38]) von etwa 399 Tagen abgelaufen. Eine nur geringe Aenderung des regelmäßigen Verlaufes bewirken die Excentricitäten der Erd- und Jupitersbahn, sowie ihre Neigung gegen einander.

Nun sind die Neigungen der Bahnen der Jupitersmonde gegen seine eigene Bahn alle geringer als die Neigung der Mondbahn gegen die Erdbahn. Die Größe letzterer Neigung und die im Vergleich mit dem Abstande des Mondes nicht sehr bedeutende Größe der Erde und ihres Schattens lassen Sonnen- und Mondfinsternisse bei uns nur in bestimmten Ausnahmefällen zu. Der gewaltige Schatten des Jupiter verschlingt dagegen jeden von seinen drei innern Monden bei jedem synodischen Umlaufe desselben. Nur dem vierten Monde gelingt es zuweilen, nördlich oder südlich vom Schatten durchzuschlüpfen, ein Mal, weil in dem großen Abstande der Einfluß der Bahnneigung bedeutender wird, dann auch (obwohl das nur wenig ausmacht) wegen der allmäligen Verjüngung des Schattenkegels. Manchmal streift er auch bloß den Schatten, wird also partiell verfinstert, während die innern Satelliten immer totale Finsternisse erleiden.

Die Bewegung der Trabanten verläuft nun, wie wir gesehen, für einen auf der Nordhalbkugel Jupiters befindlichen Beobachter gegen den Uhrzeiger. Es ist daher leicht zu begreifen, daß wir Erdbewohner die Trabanten, wenn sie vor dem Jupiter hergehen, von Ost nach West, d. h. von links nach rechts[41]) sich verschieben sehen, hinter dem Jupiter von rechts nach links. Die Eintritte aller Trabanten in den Schatten finden also auf der rechten, die Austritte auf der linken Seite des Schattens statt. Für den Anblick im umkehrenden astronomischen Fernrohre sind „rechts“ und „links“ zu vertauschen.

Zur Zeit der Conjunction oder Opposition des Jupiter mit der Sonne können wir offenbar gar keinen Ein- oder Austritt beobachten.

Wenn der Schatten aber nach der Conjunction sich nach rechts dreht, können wir sämmtliche Eintritte wahrnehmen, und zwar am besten zur Zeit der ersten Quadratur; um die Oppositionszeit geht uns dieses Schauspiel wieder verloren, und da nach jener Zeit der Schatten nach links rückt, bemerken wir von nun an die Austritte der Monde aus dem Schatten.

Von den beiden innern Monden können wir in der ersten Hälfte des synodischen Jahres (von der Conjunction bis zur Opposition) keine Austritte, in der zweiten Jahreshälfte keine Eintritte wahrnehmen, weil diese Erscheinungen hinter dem Planeten stattfinden. Dagegen sind die vom Planeten weiter entfernten Schattentheile so weit von ihm abgedreht, daß wir, wenigstens zur Zeit der Quadraturen, von den beiden äußern Monden in der ersten Jahreshälfte auch noch die Austritte, in der zweiten auch noch die Eintritte beobachten können.

Wer den Verlauf einer totalen Finsterniß unseres eigenen Mondes beobachtet hat, der weiß, daß eine geraume Zeit, manchmal über eine Stunde, von der ersten Berührung dieses Himmelskörpers mit dem Kernschatten („Anfang der Finsterniß überhaupt") bis zu seinem völligen Eintauchen in die Dunkelheit („Anfang der Totalität") verfließt. Obgleich nun die Jupitersmonde, mit Ausnahme des zweiten, alle etwas größer sind als unser Trabant, brauchen sie doch bei der großen Schnelligkeit, mit welcher sie ihren Centralkörper umjagen, viel kürzere Fristen, um Wege zurückzulegen, die ihren eigenen Durchmessern gleich sind, d. h. um in den Schatten, den sie zuerst nur berührten, vollständig einzudringen. Die Wege, welche die vier Satelliten durchschnittlich in einer Secunde abmachen, betragen der Reihe nach 1,72, 1,37, 1,08, 0,82 myriom.; vergleicht man diese Zahlen mit den uns bekannten Durchmessern der Satelliten, so findet man, daß sie beziehentlich 221, 250, 516 und 584 Secunden vom Beginn der Finsterniß bis zum Beginn der Totalität brauchen. Auch sie werden also für unser Auge nicht plötzlich verschwinden, sondern während 3—10 Minuten erst allmälig an Licht (in starken Fernrohren auch an Durchmesser) einbüßen, bis sie ganz ausgelöscht erscheinen.

Ein anderer Umstand wird diese Zeit der Lichtabnahme noch etwas vergrößern. Wir haben gesehen, daß die geometrische Construction außer dem Kernschatten auch einen Halbschatten ergibt, der von den Grenzen des erstern aus sich erstreckt, anfangs dem Kernschatten an Schwärze fast gleich ist und allmälig erst abnimmt. Das Licht des Satelliten wird daher bereits vor dem ersten Eintauchen in den Kernschatten etwas geschwächt sein, und der Moment, in welchem es gänzlich ausgelöscht ist, wird noch etwas verfrüht. Wir können nämlich Lichteindrücke, die unter

einen gewissen „Schwellenwerth“ herabgehen, nicht mehr wahrnehmen. Da nun das Fernrohr die Lichtfülle mehr oder weniger verstärkt, so wird der Eintritt des Satelliten um einen Zeitraum verfrüht erscheinen, der von der Kraft des Fernrohres noch mehr abhängt als von der Individualität des Beobachters. Allerdings wird der Austritt ungefähr um dieselbe Zwischenzeit verspätet, so daß, wenn wir zuerst aus den beobachteten Momenten des Verschwindens und des Auftauchens das Mittel nehmen, dann auch aus den berechneten Momenten, in beiden Fällen ungefähr dieselbe Zeit herauskommen wird, nämlich die Zeit der wahren Mitte der Finsterniß, zu welcher, vom Jupiter aus gerechnet, Satellit und Sonne in Opposition sich befinden. Aber doch nur ungefähr, da wir das Verschwinden eines lange und aufmerksam beobachteten Objectes mit viel größerer Zeitgenauigkeit feststellen können als das Auftauchen eines vorher unsichtbar gewesenen.

Wir können also die jovicentrischen (vom Jupiter aus gerechneten) Oppositionen des dritten und vierten Trabanten mit der Sonne, d. h. ihre Vollmondszeiten oder die Mitten ihrer regelmäßigen Verfinsterungen vielfach mit einer, wenngleich nicht absoluten, so doch leidlich großen Genauigkeit ermitteln, da wir während einiger Wochen des synodischen Jupiterjahres von diesen Monden die Ein- und Austritte beobachten können. Von den zwei innern Satelliten können wir dagegen jedes Mal nur den Eintritt oder nur den Austritt wahrnehmen, so daß ihre Vollmondszeiten aus den Finsternißbeobachtungen nur mit sehr geringer Genauigkeit bestimmbar sind.

Nun ist die Verfinsterung eines Jupiterstrabanten ein Ereigniß, dessen Eintreten nur durch die gegenseitige Stellung der Sonne, des Planeten und des Trabanten bedingt wird, das daher an allen Punkten des Weltraumes, wo es überhaupt gesehen werden kann, in dem gleichen absoluten Zeitpunkte beobachtet wird. Wir können die Finsterniß darum als eine Art Zeitsignal benutzen. Es mögen nun die Beobachter in Köln aus den Beobachtungen des Eintritts und Austritts vom vierten Trabanten etwa festgestellt haben, daß die Mitte der Finsterniß mit der Mitternachtszeit der dortigen Uhr zusammenfiel. Dieselbe Zeit wird, von den oben angedeuteten kleinen Fehlern abgesehen, ein Berliner Beobachter ermittelt haben; nämlich $12^h\ 0^m,0$ Kölner Zeit, was aber $12^h\ 25^m,7$ Berliner Zeit sind. In Amsterdam hat man $11^h\ 51^m,7$ notirt usw. Die Ortszeiten der genannten Städte[42]) sind um die Unterschiede dieser Zeiten verschieden, so daß 4^m Zeit einem Längegrade entsprechen und die östlichern Orte in der Zeitrechnung voraus sind.

Es möge nun ein Seemann eine Verfinsterung des dritten Trabanten, die auf $12^h\ 0^m,0$ Greenwicher Zeit vorausberechnet ist, beob-

achtet haben. Vorher hat er durch Beobachtung des Polarſternes die geographiſche Breite und die Lage des Meridians von ſeinem Beobachtungsorte und dann durch Beobachtung anderer Sterne die Ortszeit[43]) gefunden. Nun zeigen ihm Uhr und Fernrohr, daß die Verfinſterung um $10^h\ 0^m{,}0$ dieſer Ortszeit ihre Mitte erreicht hat. Sein Beobachtungsort hat alſo $-\ 2^h\ 0^m{,}0$ Zeitunterſchied oder 30° weſtlichen Längenunterſchied gegen Greenwich; und wenn die Breite ſich zu 40° nördlich ergeben hatte, ſo ſieht unſer Seefahrer, daß er ſich an einem beſtimmten Punkte in der Azoren-See befindet.

Dieſes Verfahren, die Länge zur See aus den Satelliten-Verfinſterungen zu beſtimmen, wurde bereits von Galilei, der darüber mit den holländiſchen Generalſtaaten und der ſpaniſchen Krone verhandelt hat, als brauchbar erkannt. Wegen der angedeuteten Unſicherheit iſt es aber nicht beliebt und wird jetzt gewöhnlich durch andere, in der Theorie nicht ſo einfache, in der Praxis aber zuverläſſigere Methoden erſetzt.

Im September 1676 machte der damals in Paris lebende däniſche Aſtronom Ole Römer der dortigen Akademie die überraſchende Mittheilung, daß die Zeiten der von ihm beobachteten Satelliten-Verfinſterungen ſich nicht vollſtändig durch die ſynodiſchen Umläufe erklären ließen. War Jupiter in Sonnen-Oppoſition, ſo ſtimmten die Zeiten mit den vorausberechneten; je mehr er ſich der Conjunction näherte, deſto mehr verſpäteten ſich die Erſcheinungen, und in der Conjunction ſelbſt fanden ſie nach ſeiner Angabe 22^m ſpäter ſtatt als die Theorie erforderte.

Nun wiſſen wir, daß Jupiter in der Oppoſition, wo die Erde zwiſchen ihm und der Sonne ſteht, uns am nächſten iſt; in der Conjunction ſteht der Planet hinter der Sonne und iſt am entfernteſten. Der Unterſchied beider Abſtände iſt offenbar gleich dem Durchmeſſer der Erdbahn. Römer fand hieraus die Erklärung des ſeltſamen Phänomens. Der Lichtſtrahl, ſo ſagte er, pflanzt ſich nicht momentan, d. h. mit unendlich großer Geſchwindigkeit, durch den Weltraum fort, ſondern er braucht eine beſtimmte Zeit zum Zurücklegen einer beſtimmten Entfernung. Wir ſehen daher die Welt des Jupiter nicht in dem Zuſtande, in dem ſie ſich gegenwärtig befindet, ſondern in einem etwas ältern Zuſtande. Und da die Beobachtung lehrt, daß in der Oppoſition, wo Jupiter uns um den vollen Durchmeſſer der Erdbahn näher iſt als in der Conjunction, die Finſterniſſe 22^m früher beobachtet werden, ſo iſt zu ſchließen, daß jener Durchmeſſer vom Lichtſtrahl in 22^m durchlaufen wird, der Halbmeſſer alſo, oder die Entfernung Erde-Sonne in 11^m.

Die Richtigkeit dieſes Schluſſes iſt ſpäter durch andere aſtronomiſche Beobachtungen, insbeſondere durch die ſog. Aberration der Sterne, vollauf beſtätigt worden. Allerdings iſt die Zahl 22^m mit allen Unſicher-

heiten der Beobachtung, zumal durch die ältern Instrumente, behaftet. Genauere Untersuchungen, die sich auf mehr als 1000 Satelliten-Finsternisse zwischen 1662 und 1802 bezogen, zeigten dem französischen Astronomen Delambre, daß der Halbmesser der Erdbahn nicht in 11^m, sondern bereits in $8^m\ 13^s$ (493^s) durchlaufen werde. Hieraus berechnet sich leicht der Weg, den das Licht in 1^s zurücklegt, oder die Geschwindigkeit des Lichtes. In neuester Zeit ist diese jedoch nach physicalischen Methoden an irdischen Lichtquellen mit viel größerer Genauigkeit bestimmt worden, als die Astronomie bei der Unsicherheit der Sonnen-Parallaxe zu leisten vermag. Eine sehr gute neueste Discussion aller Ergebnisse liefert für diese Geschwindigkeit[34]) 29 989 myriom. mit einer Unsicherheit von nur 6 myriom. Hiernach legt das Licht die mittlere Entfernung von der Sonne zur Erde in $8^m\ 18^s$ (498^s) zurück.

Aehnliche Verfrühungen in der Oppositions- und Verspätungen in der Conjunctions-Zeit werden an den Saturnsmonden und auch z. B. an dem weit entfernten Fixstern Algol beobachtet, dessen zeitweilige Lichtschwächungen, wie man jetzt mit Bestimmtheit weiß, durch den Umlauf eines dunkelern Begleiters hervorgerufen werden[44]).

V. Oberflächengestalt und Axendrehung des Jupiter.

Wenn wir aus geringer Entfernung ein freistehendes Haus betrachten, so ist es uns leicht möglich, eine Langseite und eine Schmalseite auf ein Mal zu überschauen. Die letztere sehen wir in starker Verkürzung, und weil die Verkürzung für die beiden Augen verschieden ist, gewinnen wir eben den Eindruck des Körperlichen. In weiterer Entfernung geht dieser verloren, doch fällt uns das nicht besonders auf, weil die Phantasie nachhilft. Betrachten wir aber das Haus unter ungewohnten Verhältnissen, nämlich aus sehr weiter Entfernung mit einem Teleskop, dann sieht es leicht „wie gemalt" aus; wir sehen die Lang- und die Schmalseite, können aber den Eindruck des Körperlichen nicht gewinnen. Die Verkürzung kommt uns erst jetzt recht zum Bewußtsein.

Um die Schwierigkeit der Erforschung der Planeten-Oberflächen zu würdigen, betrachten wir nun einen Erdglobus aus sehr weitem Abstande[45]). Es wird uns, ähnlich wie bei dem Hause, nicht mehr leicht fallen, die Kugelgestalt zu sehen, obwohl unser Verstand sie sofort herausconstruirt. Wir übersehen von der Kugel ziemlich genau die Hälfte, und indem ein Anderer die Kugel langsam um ihre Axe dreht, erkennen wir, daß nur die auf der Mitte der scheinbaren Kreisfläche befindlichen Gegenden unverkürzt und in voller Deutlichkeit erscheinen. Nach dem Rande zu wird

alles ungenau, indem die Länder in der Richtung des Umfanges der Scheibe ihre natürliche Ausdehnung behalten, in der darauf senkrechten Richtung mehr und mehr zusammengezogen sind.

Es gibt einen Himmelskörper, den wir aus sehr weitem Abstande beobachten und den wir doch sehr genau, in gewissem Sinne genauer als die Erde selbst kennen. Unser Mond zeigt im Fernrohr als charakteristische Bildungen die an irdische Vulcane erinnernden, wiewohl viel steileren Ringgebirge. Die in der Mitte der Scheibe liegenden sind kreisrund, nach dem Rande zu werden sie immer mehr elliptisch, offenbar in Folge der eben beschriebenen Verkürzung. In der That zweifelt niemand an der Kugelgestalt des Mondes, wiewohl wir eine Axendrehung an unserm Trabanten nicht sehen können. Letzteres kommt bekanntlich daher, daß er in derselben Zeit um seine Achse sich dreht, in welcher er um die Erde läuft.

Die Möglichkeit einer genauen Kenntniß der Einzelheiten der Mondoberfläche verdanken wir ein Mal der großen Nähe unseres Satelliten, dann aber vorzüglich dem Fehlen einer irgend erheblichen Lufthülle auf demselben. Ganz anders würde einem Mondbürger die Erde in vollem Lichte[46]) erscheinen. Ein breiter Gürtel von glänzenden weißen Flecken umgäbe in der Aequatorgegend den massenhaften Planeten. Es sind die Wolken, die in der heißen Zone fast beständig werden und vergehen, eine Folge der bedeutenden Verdampfung aus den Weltmeeren; mögen die heftigsten Stürme und Gewitter der Tropen den Tag zur Nacht machen, nach außen in den Weltraum strahlen die Wolken das Sonnenlicht in hellem Glanze zurück. Mit den Jahreszeiten wandern die äquatorealen Wolken-Ringe, sie sind etwa im Juni und Juli am weitesten nach Norden, im December und Januar am weitesten nach Süden gerückt. Die Axendrehung führt dem Mondbürger in rascher Folge die verschiedensten Länder und Meere des Erdballes vor, erstere als hellgelbe oder grüne Gebilde, die sich von den dunkeln Wassermassen ebenso abheben wie von dem weißen Wolkengürtel. Die Randgegenden würden jedoch sehr matt und verschwommen erscheinen, und zwar nicht nur der Verkürzung wegen. Das Sonnenlicht muß nämlich, wenn es von der Erde zum Monde zurückgestrahlt wird, unsere Atmosphäre durchsetzen, und zwar, je mehr nach dem Rande der sichtbaren Erdscheibe, auf einem desto längern Wege. Vielleicht erhalten die Randgegenden sogar eine kleine Rothfärbung, weil die Luft vorzugsweise die rothen Strahlen durchläßt.

Ein Mondbewohner, der die Erdoberfläche zeichnen und sich in Vermuthungen über ihre Beschaffenheit ergehen wollte, würde[47]) zunächst finden, daß die gelben und die ganz dunkeln Flecke bei jeder Axen-

drehung wiederkehrten, die weißen Gebilde dagegen sich stark veränderten, und zwar nicht nur die zeitweilig in den verschiedensten Gegenden auftretenden, sondern selbst die Aequatorealringe. Das Wandern der letztern mit den Jahreszeiten würde ihn besonders interessiren, und eine kurze Ueberlegung würde ihn lehren, daß die weißen Flecken alle einer veränderlichen Hülle angehören, während die gelben und dunkeln Gebilde die feste Oberfläche darstellen. Von der allgemeinen Regel würden nur die Polargegenden auszunehmen sein. Sie sind beständig mit einer weißen Mütze bedeckt, die aus Eis und Schnee gewoben ist und, aus Mondentfernung betrachtet, vielleicht nur geringe, den Jahreszeiten entsprechende Aenderungen aufweisen würde.

Das von uns entworfene Bild gehört nicht ausschließlich der Einbildungskraft oder Combination an Ein Planet unseres Sonnensystems, der wohlbekannte röthliche Stern Mars, zeigt in den vorzüglichen Fernrohren der Neuzeit ähnliche Erscheinungen, wie unsere Erdenwelt sie einem weit entfernten Beobachter darbieten würde. Wir sehen gelbe und dunkele Flecke, die eine regelmäßige Axendrehung erschließen lassen, wir nehmen zeitweilige Trübungen und Wolkenerscheinungen wahr, beobachten eine starke Verschwommenheit des Bildes am Rande und eine gemäß den vorausberechneten Mars-Jahreszeiten wechselnde Größe der weißen Polarkappen. In der That, Mars ist eine zweite Erde, und so groß die Verschiedenheit beider Körper rücksichtlich der Vertheilung von Land und Wasser, so unerklärlich vorläufig noch der geradlinige Verlauf und die zeitweiligen Verdoppelungen der sog. Mars-Canäle sein mögen — an die Betrachtung dieses Sternes werden doch immer die Hypothesen über die Bewohnbarkeit fremder Weltkörper anknüpfen müssen.

Ganz anders Jupiter. Die große Veränderlichkeit aller Gebilde auf diesem Planeten ist schon den Beobachtern älterer Zeit aufgefallen. Erst in den letzten beiden Jahrzehnten haben aus den Ergebnissen der vervollkommneten teleskopischen Beobachtung des Planeten sich bestimmtere Ansichten über seine physische Beschaffenheit ergeben. Die Beobachtungen werden sehr erschwert durch die eben erwähnte Veränderlichkeit der Gebilde, außerdem durch die rasche Axendrehung und den großen Abstand des Himmelskörpers. Während diese Gründe den Jupiter gegenüber den innern Planeten (Mercur, Venus und Mars) zu einem schwierigen Beobachtungsgegenstande machen, ist er aus andern Gründen wieder leichter als jene zu studiren. Dahin gehört die sehr merkliche Abplattung, der Besitz von Monden, deren Vorübergänge vor seiner Scheibe gewisse Schlüsse gestatten, die beständige Sichtbarkeit einer ganz oder beinahe voll erleuchteten Scheibe und die in mäßigen Grenzen sich haltende Veränderlichkeit des Abstandes, in Folge deren

der scheinbare Durchmesser nur etwa im Verhältnisse 2 : 3 sich ändert. Immerhin ist schon diese Aenderung lästig, da der größere Durchmesser auf die in jeder Hinsicht bequemere Oppositionszeit fällt; doch ist die Veränderlichkeit viel kleiner als bei Mercur und Venus, die zudem meistens nur in der Nähe der Sonne beobachtet werden können, und auch viel kleiner als bei Mars, der allerdings auch in Sonnen-Opposition kommt. Die schiefe Stellung der Ekliptik und der andern Planetenbahnen zum Erdäquator hat die weitere Unannehmlichkeit zur Folge, daß Jupiter — und ebenso die andern in Opposition kommenden Planeten — zuweilen während mehrerer auf einander folgender Oppositionen für einen und denselben Beobachtungsort auch in seiner Culmination sehr tief steht, wodurch die schädlichen Einflüsse der Erdatmosphäre auf das Fernrohrbild erheblich vergrößert werden. Fügen wir hinzu, daß verschiedene Fernrohre, selbst beim Anwenden der gleichen Vergrößerung, von den Einzelheiten der Planeten-Oberflächen merklich verschiedene Bilder geben, eine Folge der schärfern Begrenzungsfähigkeit und größern Lichtfülle der bessern Instrumente, — daß ferner die Auffassung des Beobachters und selbst seine Geschicklichkeit im Zeichnen als ein besonderes Element sich geltend macht, so ist die große Verschiedenheit der Jupiter-Bilder zu begreifen, die nicht nur in frühern und im jetzigen Jahrhundert, sondern selbst in den einzelnen Jahren des letzten Jahrzehnts von verschiedenen Beobachtern erhalten wurden.

Dem freien Auge erscheint Jupiter als gelber Stern, der nicht merklich funkelt. Seine Scheibengestalt entdeckte bereits Galilei 1610 mit dem neuerfundenen Fernrohr, als er auch die Monde auffand. Hevelius erklärte 1647 den Planeten für „ziemlich" rund; Picard und Cassini fanden 1665 seine Abplattung (die oben ausführlich besprochen wurde), und Letzterer leitete im gleichen Jahre aus der Beobachtung eines auffallenden Fleckens auf der Planeten-Oberfläche die Thatsache ab, daß Jupiter in der merkwürdig kurzen Zeit von $9^h\ 56^m$ sich um seine Axe dreht, und zwar, gleich unserer Erde, entgegengesetzt dem Uhrzeiger für einen nördlichen Beobachter. Die Axendrehung geht also, gleich dem Trabanten-Umlaufe, auf der Vorderseite von links nach rechts für einen europäischen Beobachter. Das umkehrende Fernrohr des Astronomen läßt dagegen die Rotation von rechts nach links verlaufen. Inzwischen haben die Beobachtungen späterer Zeit ergeben, daß die Rotationszeit etwas verschiedene Werthe erhält, je nachdem man das eine oder das andere Gebilde beobachtet. So erhielt schon Cassini, nachdem er durch Beobachtungen der Jahre 1672 und 1677 sein erstes Ergebniß nahezu bestätigt gefunden hatte, in den Jahren 1690 und 1691 die Werthe $9^h\ 51^m$ und $9^h\ 50^m$. Diese Abweichungen sind zu groß, um durch Beobachtungs-

fehler erklärt zu werden; bedenken wir nur, daß in 10 unserer Tage Jupiter sich etwa 24 Mal um seine Achse dreht ($10^h \times 24 = 24^h \times 10$), daß also eine Beschleunigung um 5^m bei jeder Rotation nach 10 Tagen bereits $24 \times 5^m = 2^h$ ergibt. In der That läßt eine so schnelle Rotation sich sehr genau bestimmen, wie denn Airy (1834) $55^m 24^s{,}2$; Mädler (1834) $56^m\ 26^s{,}53$; Schmidt (1862) $55^m\ 25^s{,}70$ erhielt. (Die 9^h sind hier und im Folgenden der Einfachheit halber weggelassen.) Aus den Rotationen der Jahre 1872 und 1873, bestimmt aus einem auffallend dunkeln Streifenstück der Oberfläche, fand Lohse $55^m\ 19^s{,}6$ (Unsicherheit $2^s{,}3$). Belopolsky (1891) fand zwei verschiedene Zahlen, nämlich 51^m für einen Aequatorstreifen, 55^m für den Rest der Oberfläche, wenigstens bis zur jovigraphischen Breite[48]) von 45°. Merkwürdigerweise beruht auch Cassini's Periode von 1692 auf Beobachtung eines Aequatorfleckens. Verschiedene Ergebnisse, die Lohse[49]) aus seinen Beobachtungen (1878—1881) gezogen hat, zeigen, daß der unten zu besprechende „rothe Fleck" der südlichen Halbkugel 55^m und einige dreißig Secunden brauchte, desgleichen ein „helles Wölkchen" und ein „dunkeler Knopf" der Nordhalbkugel; ein heller Polarfleck derselben Hemisphäre ergibt $55^m\ 42^s$, eine helle Aequatorwolke dagegen etwa 50^m. Sehr schnelle Aequator-Rotationen, und zwar bereits in 25° nördl. jov. Breite fand (1890—1891) Denning (49^m, 48^m), während er in 30° die gewöhnliche Zahl (55^m) fand.

Wir haben diese Zahlen mitgetheilt, um dem Leser zu zeigen, zunächst daß eine regelmäßige Axendrehung Jupiters seit Jahrhunderten beobachtet ist und ferner, daß der Aequatorgürtel eine beschleunigte Rotation aufweist. Man hat letztern Umstand wohl benutzt, um zwischen Jupiter und der Sonne eine weitere Aehnlichkeit herauszufinden. Unser Tagesgestirn hat nämlich eine Axendrehung von verschiedener Schnelligkeit in verschiedenen heliographischen[48]) Breiten. Während die äquatorealen Gegenden in $25\,{}^1/_2{}^d$ rotiren, brauchen die nördlichern und südlichern Parallelkreise immer größere Zeiträume. Die allmälige Verlangsamung der Rotation nach Norden und Süden war bisher aus den Sonnenflecken nur bis zu 55° heliogr. Breite nachgewiesen, bis Dunér in einer schönen Untersuchung[50]) auf spectrometrischem Wege das Gesetz bis 75° Breite nachgewiesen hat. Die Verlangsamung ist so colossal, daß, wenn die Formeln auch jenseits der beobachteten Grenzen Gültigkeit besitzen, die den Sonnenpolen benachbarten Gebiete oder doch ihre Protuberanzen erst in 38, nach anderer Weise berechnet, sogar erst in 49^d ein Mal rotiren — also, nach letzterer Annahme, halb so schnell wie der Aequator. Die Erklärung dieses Umstandes ist eines der schwierigsten Probleme der Astrophysik. Was aber Jupiter angeht, so

werden wir (mit Lohse a. a. O. und Andern) uns hüten, die Aequatoreal-Beschleunigung von wenigen Minuten, wie sie seit Cassini beobachtet ist, auch nur entfernt mit jenem sonderbaren Rotationsgesetz der Sonne zu vergleichen. Hat doch der dem Aequator noch ziemlich nahe gelegene rothe Fleck bis auf wenige Secunden dieselbe Periode ergeben, wie ein heller Fleck der Polarzone. Für die Aequatoreal-Beschleunigung des Jupiter, die eben ausschließlich auf den Aequatorgürtel sich zu beziehen scheint, werden wir besondere Gründe aufzusuchen haben.

Die schnelle Axendrehung unterscheidet Jupiter ebensowohl von der Erde als von der Sonne. Sie ist für das Studium seiner Beschaffenheit höchst wichtig, und zwar zunächst aus einem äußern Grunde. Wenn ein Jupiterflecken 10^h zu einem vollen Umlaufe gebraucht, so verwendet er 5^h, um von einem Ende der uns sichtbaren Scheibe zum andern, oder $2^1/_2{}^h$, um von der Mitte nach dem Rande zu kommen. Nun sind die Randgegenden wegen der Verkürzung und der anscheinend hohen und dichten Atmosphäre so verschwommen, daß schon in ziemlicher Entfernung vom eigentlichen Umriß die Gegenstände ihr Aussehen völlig ändern. Der Beobachter, welcher die gerade sichtbare Scheibe, am Fernrohr sitzend, bei schwacher Beleuchtung des Papieres zeichnet, hat also vor allem große Geschwindigkeit nöthig, die aber doch nicht zur Hast werden darf; 15 oder, wenn es sein muß, 20^m sind die längste Frist, die ihm gestattet werden kann. Auch dann hat er Noth genug, um die Randgebilde, welche zu verschwinden drohen, richtig in den vorher entworfenen elliptischen Umriß der Zeichnung einzutragen. Ist die Luft gut, so erschaut er in einem schönen Fernrohr eine solche Menge von Einzelheiten, daß er nicht weiß, welche des Festhaltens am würdigsten ist; bei schlechter Luft wird erst recht Eile verlangt, weil sie noch schlechter werden könnte. Es ist daher begreiflich, daß bei dem einzelnen Beobachter sich zuletzt eine Art von Stil oder Manier herausbildet. Gewisse Zeichnungen verrathen das Bestreben, die Aequatorealzone, welche durch besonders dunkele Streifen und helle Wolken ausgezeichnet ist, über Gebühr zu erweitern, während andere sie zu sehr einengen; gelegentliche mikrometrische Messungen haben zur Ermittelung dieser Fehler beigetragen, welche beim Vergleichen verschiedener Zeichnungen deutlich hervortreten. Mitunter macht sich das Bestreben geltend, die Gebilde der Jupiters-Oberfläche so abzurunden, daß regelmäßige geometrische oder auch ästhetisch wohlthuende Umrisse entstehen. Wer hieraus einen Tadel ableiten will, möge sich fragen, bei welchen Darstellungen der Weltgeschichte, des Culturlebens und selbst der Lebensweise der Thiere nicht ähnliche Bestrebungen auch bei ganz gewissenhaften Forschern hervortreten. Dabei will jeder Beobachter das, was ihm besonders auffällt, auch den Andern auffällig machen. Auf eine hiermit

zusammenhangende Fehlerquelle hat Böddicker[51]) hingewiesen. Da der Astronom nur bei recht schwachem Lampenlicht arbeiten darf, um sein Auge nicht für den Anblick der zarten Einzelheiten des Fernrohrbildes zu verderben, so wird er in der Zeichnung die Gebilde so kräftig hervorheben, daß sie trotz der schwachen Beleuchtung ihm einen ähnlichen Eindruck machen, wie ihre Originale. Die Zeichnung muß darum eigentlich auch bei entsprechendem Lichte betrachtet werden, und man darf sich nicht zu dem Glauben verführen lassen, daß ein sehr kräftiger schwarzer Strich des Bildes am Jupiter selbst in gleicher Deutlichkeit wiederzufinden sei[52]).

So unangenehm nun dem forschenden Beobachter die schnelle Axendrehung des Jupiter ist, so willkommen ist sie als der Schlüssel zur Erklärung der auf dem Planeten beobachteten Vorgänge. Die Physik lehrt, daß eine schnell rotirende Kugel sich abplatten muß, daß ihre Meridiane aus Kreisen zu Ellipsen werden. An sich ist die Kugelgestalt das Ergebniß der gegenseitigen Wirkungen der einzelnen Theile eines flüssigen Körpers; die Rotation wird die Kugel aber sofort in einen abgeplatteten Körper, ein Sphäroid, zu verwandeln suchen, und es ist die Größe der Abplattung nach einfachen Gesetzen von der Schnelligkeit der Rotation abhängig. Bei der Sonne, die (selbst am Aequator) über 25 Tage zur Axendrehung braucht, können wir keine merkliche Abplattung feststellen; auch beim Monde, dessen weit geringere Masse doch 27 Tage zur Rotation gebraucht, wollte es noch nicht gelingen. Die Abplattung der Erde ist dagegen nach verschiedenen Methoden mit guter Uebereinstimmung ermittelt worden. Wüßten wir vom Jupiter nur die Thatsache seiner schnellen Rotation, so könnten wir sofort auf eine erhebliche Abplattung schließen; wie wir sahen, sind beide Wahrheiten nahezu gleichzeitig gefunden worden. Aus beiden folgt ein Drittes, nämlich eine große Verschiedenheit der Schwere am Aequator und an den Polen des Jupiter. Wie es dem Astronomen überhaupt möglich ist, hierüber etwas auszusagen, möge uns wieder ein Vergleich mit irdischen Verhältnissen lehren. Newton wagte den kühnen Gedanken, daß dieselbe Kraft, welche den Apfel vom Baum fallen heißt, auch den Mond um die Erde zu wandern zwingt, nämlich die Anziehungskraft der letztern. Aus der bekannten Fallgeschwindigkeit irdischer Körper und der gleichfalls bekannten Bewegung des Mondes berechnete er, daß die Kraft im Verhältnisse des Quadrates der Entfernung abnehme. So ist der fallende Apfel um einen Erdhalbmesser vom Erdmittelpunkte entfernt, der Mond um 60 Halbmesser. Die Quadrate beider Entfernungen verhalten sich wie 1 : 3600, und in diesem Verhältnisse erscheint thatsächlich die Schwerkraft geschwächt, wenn wir ihre Größe aus der Mondbewegung gefunden haben. Newton verallgemeinerte sein Gesetz für alle Körper des Welt-

raumes; als wir [30]) die Berechnung der Jupitersmasse besprachen, haben wir gesehen, wie sehr er dazu berechtigt war. Die ganze rechnende und beobachtende Astronomie bestätigt fortwährend Newton's Gesetz. Wir dürfen es daher auch für die Oberfläche Jupiters als gültig ansehen und also uns fragen, wieviel an dieser Oberfläche eine Kraft vermag, die in den bekannten Entfernungen die vier Satelliten mit den bekannten Geschwindigkeiten ihre Kreise ziehen läßt. Die Antwort fällt nun für die Pole des Planeten etwas anders aus als für seinen Aequator, weil man ja dort etwas näher als hier beim Mittelpunkte der Masse ist. Es würde also schon auf einem ruhenden Jupiter die Schwere am Aequator geringer sein als an den Polen. Sie wird aber durch die bei der reißend schnellen Bewegung sehr erhebliche Centrifugalkraft noch weiter vermindert, und zwar in dem gleichen Sinne: am Aequator ist die Verminderung am bedeutendsten, wird mit zunehmender nördlicher oder südlicher Breite geringer und verschwindet an den Polen. Rechnet man alles zusammen, so ergibt sich, daß die Schwere auf dem Jupiter durchschnittlich $2\,^1/_2$ Mal so groß wie die Erdschwere ist, daß sie jedoch an seinem Aequator um den 6. Theil geringer ist als an seinen Polen. Alle Bewegungen daher, welche durch die Schwerkraft und die von ihr hervorgerufenen Druckverhältnisse behindert werden, können sich am Aequator des Himmelskörpers leichter entfalten. Kann dieser Umstand auch nicht für sich die unruhigen Verhältnisse der Aequatorealgegend erklären, so trägt er doch gewiß zur Verschärfung der Unterschiede bei. Die Hauptursache der abweichenden Verhältnisse in der aequatorealen Zone wird freilich die Axendrehung selbst in Verbindung mit dem Umlauf um die Sonne und vielleicht mit Erscheinungen der Eigenwärme des Planeten sein. Indem wir die Einzelheiten der Erklärung für die folgenden Capitel aufheben, wollen wir noch auf einen merkwürdigen Zusammenhang zwischen Axendrehung und Umlauf des Jupiter hingewiesen haben. Der Umfang der Erde am Aequator beträgt etwa 4000 myriom., und ein Punkt des Aequators (z. B. Quito) legt daher bei der täglichen Rotation einen Weg von dieser Länge zurück, d. h. in einer Secunde 0,046 myriom. Auf ihrer Bahn um die Sonne macht aber die Erde in 1" etwa 3 myriom. ab, also das 66fache der angegebenen Strecke. Ein Punkt des Jupiter-Aequators legt in Folge der schnellen Rotation nicht weniger als 1,26 myriom. in 1" zurück, und ziemlich genau dieselbe Strecke durchläuft der ganze Planet in der gleichen Zeit bei seiner Bewegung um die Sonne, nämlich im Durchschnitt 1,3 myriom. Es findet sich die gleiche Analogie zwischen den beiden Geschwindigkeiten anscheinend auch bei Saturn und Uranus.

VI. Streifen, Wolken und Flecken auf dem Jupiter.

Um den Leser mit den gewöhnlichen Erscheinungen auf dem Jupiter zunächst etwas vertrauter zu machen, haben wir das dem vorigen Capitel beigefügte charakteristische Bild [53]) aufgenommen (vgl. auch die andern Bilder). Es stellt die Planetenscheibe so dar, wie sie am Morgen des 23. August 1880, gegen $1^1/_2$ Uhr, dem Astronomen M. W. Meyer am Refractor der Sternwarte in Genf erschien. Die polare Abplattung der riesigen Kugel tritt sofort deutlich hervor, so daß Nordpol und Südpol ohne Weiteres zu finden sind. Verbinden wir beide durch eine wirkliche gerade Linie, die durch den Planeten hindurchgeht, so erhalten wir die Rotationsaxe; die kürzere Axe der uns sichtbaren Scheibe ist dagegen offenbar eine über den Planeten von Nord nach Süd laufende Linie, d. h. ein Meridian. Er heißt der Central-Meridian, weil er durch das Centrum der Scheibe zu gehen scheint. Nur er stellt sich als gerade Linie dar, die andern Meridiane werden Bögen, und die beiden, welche um 90^0 von jenem entfernt sind, bilden zusammen den Umriß, Rand oder Limbus der Scheibe. Die Verschwommenheit der Randgegenden fällt wieder sofort auf. Die große Axe der Scheibe ist die als gerade Linie erscheinende, uns zugewandte Aequatorhälfte. In ihrer Nachbarschaft finden wir die dunkeln Streifen oder Banden, auf denen helle, weiße Wolken zu schwimmen scheinen. Schwächere Streifen lassen sich noch in höhere Breiten, ja bis in die Polargegenden oder Polarkappen verfolgen. Die Zeichnung ist am umkehrenden astronomischen Fernrohr entworfen; wir müssen sie daher auf den Kopf stellen, wenn wir den Anblick haben wollen, den Jupiter etwa dem unbewaffneten Auge eines Trabantenbewohners, der auf der Nordhalbkugel seiner Welt stände, aus der größern Nähe darbieten würde. Die obere Hälfte der Figur ist also die südliche, die untere die nördliche, wie in allen astronomischen Darstellungen der Planetenoberflächen. Beim Umdrehen des Bildes erkennen wir auch leicht, daß der beigefügte Pfeil die Richtung der Rotation der sichtbaren Scheibe angibt: gegen den Zeiger für einen Beobachter auf der Nordhalbkugel. Die Seite der im Fernrohr sichtbaren Scheibe, welche bei der Rotation vorangeht oder präcedirt, ist also die linke, während die rechte nachfolgt; im Fernrohr werden mithin links (Pr) beständig die Gebilde am Rande verschwinden, rechts (F) werden beständig neue herauskommen, bis nach etwa 10^h das alte Bild wiederhergestellt ist, abgesehen von wirklichen Aenderungen. An dem nachfol-

genden Ende steht zufällig ein Satellit, der scheinbar die Scheibe berührt. In Wirklichkeit steht er, wie wir wissen, um mehrere Durchmesser des Planeten vor diesem, und zwar für uns zufällig in derselben Richtung wie ein bestimmter Punkt des nachfolgenden Randes. Wir erkennen dieses auch daran, daß der Schatten des hellen Körperchens als eine scharf umgrenzte dunkele Scheibe sich in ziemlicher Entfernung von jenem befindet, nämlich nicht weit vom vorangehenden Rande; so können wir uns von der Stellung, welche Jupiter, Erde und Sonne in jener Nacht zu einander einnahmen, auch eine Vorstellung bilden. In der Nähe des nördlich vorangehenden Randes ist ein anderer Trabant (der vierte), den wir uns gleichfalls ziemlich weit vor dem Planeten stehend zu denken haben. Auf der Südhalbkugel dem Mondschatten vorangehend und mit einem Ende bereits in der Gegend des vorangehenden Randes verschwindend, stellt sich der berühmte rothe Fleck dar (Fig. 4 zeigt denselben Flecken mitten auf der sichtbaren Scheibe). — Central-Meridian und Aequator zerlegen den Limbus in vier Quadranten, nämlich den [54]) südlich vorangehenden (S-Pr), südlich folgenden (S-F), nördlich vorangehenden (N-Pr) und nördlich folgenden (N-F).

Die Ableitung der Größenverhältnisse der Jupiterskugel hat uns in einem frühern Capitel beschäftigt. Nehmen wir Schur's Dimensionen der Meridian-Ellipse, Harkneß' Erd-Radius und die Newcomb'sche Sonnen-Parallaxe an, so finden wir etwa 42 692 myriom. für den Meridianumfang, d. h. für den Rand der Scheibe. Der Central-Meridian ist daher 21 346 myriom. lang, erscheint uns jedoch projectivisch verkürzt und nur der Polaraxe (13 134 myriom.) gleich. Ebenso erscheint uns der halbe Aequator-Umfang, der wirklich gleich 22 049 myriom. ist, nur als eine gerade, auf dem Central-Meridian senkrechte Scheibe von der Länge der Aequatoraxe (14 037 myriom.). Die kleine, schmale Wolke, die wir etwa mitten auf der Scheibe (Fig. 1) finden, ist vielleicht doppelt so lang wie der Durchmesser der Erde und könnte auch der Breite nach Europa oder Australien sehr bequem aufnehmen. Man muß sich die Größe klar machen, um die Gewalt der Bewegungen zu verstehen, von welchen das Antlitz des mächtigen Planeten häufig durchwühlt wird.

Doch haben wir schon angedeutet, daß die Verschiedenartigkeit der Zeichnungen und Beschreibungen auch in hohem Grade durch Luftzustand, Güte des Instrumentes, Auffassung und Zeichengewandtheit des Astronomen bedingt wird. Dennoch scheint allmälig ein festes typisches Bild aus dem Chaos aufzusteigen. Wir wollen es im Ganzen nach James E. Keeler [55]) zu zeichnen versuchen, der während der Opposition von 1889, wo Jupiter für den nordamericanischen Astronomen nicht ein Mal besonders günstig (nämlich sehr nach Süden) stand, mit dem berühmten

Sechsunddreißigzöller der Lick-Sternwarte in Californien, dem größten Fernrohr der Welt, eine Reihe höchst sorgfältiger Beobachtungen der Jupitersfläche angestellt hat. Was auf andern Bildern vielfach verwischt ist, zuweilen allerdings, wenn man bereits den Sachverhalt kennt, bei guten Aufnahmen mit überraschender Deutlichkeit sich zu erkennen gibt, das zeigen Keeler's Zeichnungen, die bei 320facher Vergrößerung angefertigt worden, auf den ersten Blick. Die Mitte der Aequatorealzone ist durch ein schmales, lachsfarbenes Band ausgezeichnet. Weiße Ränder umsäumen es beiderseits; sie bestehen aus rundlichen Wolken und entsenden häufig wolkenartige weiße Streifen sowohl in das blaßrothe Mittelband als auch in die rothen Aequatorstreifen. Das Mittelband ist ein so zartes Gebilde, daß es nur auf wenigen ältern Zeichnungen (bei Boeddicker 1881 Oct. 1, 14, 30, Nov. 17, 24, 25, Dec. 7, 14, 27; 1882 Jan. 17; 1885 Febr. 17) in ähnlicher Weise wie bei Keeler hervortritt. Sehr dunkel, gerade wie die Aequatorstreifen, wird es von Lohse gezeichnet. Sehr häufig ist dieses mittlere Band auch von Terby[55]) gezeichnet worden. Mehrfach erscheint es vom Nordstreifen nur durch eine dünne, weiße Linie getrennt, während es mit dem Südstreifen durch mächtige Wolken sich verbindet. Unser Bild (Fig. 1) zeigt an der vorangehenden Seite das Band einigermaßen deutlich zwischen den Wolkenlinien, während es an der nachfolgenden Seite mit dem Nordstreifen verschmilzt.

Umsäumt wird die Aequatorzone beiderseits von den rothen Aequatorstreifen. Ihr dunkelerer Ton tritt auch in mäßig guten Fernrohren sofort hervor. Der Südstreifen ist nach Keeler mehr purpurn, der Nordstreifen entschiedener roth gefärbt. Auch andern Beobachtern ist der Unterschied aufgefallen. So notirte Boeddicker in verschiedenen Nächten folgende Farben, wo die des Südstreifens regelmäßig zuerst genannt ist: fast bläulich — röthlich braun; neutral — röthlich braun; grau — orange; röthlich grau — ziegelroth; gleichmäßig dunkel — entschieden röthlich; grau — röthlich grau; bläulich grau — gelblich grau usw. Die Uebereinstimmung der Farbentöne beider Gebilde pflegt er vorkommenden Falles besonders zu betonen. Nach Terby's Beschreibung und Zeichnung ist der südliche Hauptstreifen grau, der nördliche rosenroth; letzterer und ein noch weiter nördlich gelegener Strich erschienen ihm zeitweilig doppelt, und dann war stets die obere Hälfte grau, die untere rosa. Nach Lohse lassen sich die äquatorealen Gebilde in ihrer Farbe am besten mit metallischem Kupfer vergleichen. — Die Wolkenzüge, welche aus den weißen Rändern des lachsfarbenen Mittelbandes in die Streifen hineinragen, hat Keeler besonders sorgfältig studirt. Sie sind auf manchen andern Darstellungen als perlschnurartige Gebilde zu er-

kennen; zuweilen hat es den Anschein, als lösten sie den Aequatorstreifen in lauter kleine, parallele Balken auf. Unter Umständen spalten sich die Züge und zeigen knotenförmige Anschwellungen von besonders hellem Glanze. In Uebereinstimmung mit andern Beobachtern hat Keeler den Eindruck gehabt, daß die rothen Streifen ein „passives Medium" sind, in welchem die wolkenbildenden Kräfte ihr Spiel treiben, daß die Dunkelheit der Streifen einem tiefen Eindringen des Sonnenlichtes in ihr Inneres zuzuschreiben ist und daß vereinzelt beobachtete, noch dunkelere Flecken auf ihnen den Blick in noch größere Tiefen gestatten. — Die Nordhalbkugel ist nach Keeler ziemlich gleichmäßig hell und dunkel gestreift; die ersten dunkeln Streifen nördlich (und ebenso südlich) von den Aequatorstreifen zeigen noch die rothe Färbung dieser. Die Südhalbkugel ist der Schauplatz viel heftigerer Revolutionen als die nördliche. Das tritt, obwohl in verschiedener Art und Größe, bei den meisten Beobachtern hervor. Ueber das merkwürdigste südliche Gebilde, den rothen Fleck, wird gleich geredet werden. Die Polarkappen sind eigentlich noch am wenigsten bekannt, weil sie beständig in starker Randverzerrung erscheinen. Keeler's Zeichnungen deuten an, daß die streifig-wolkige Structur, die namentlich auf der Nordhemisphäre mit irdischen Gebilden große Aehnlichkeit hat, sich in höhere Breiten fortsetzt als bisher vermuthet wurde. Mit Recht wird die genaue Darstellung Jupiters trotz dessen ungünstiger Lage zum Horizont von Keeler für eine bedeutende Leistung des Sechsunddreißigzöllers erklärt. Es hat sich herausgestellt, daß die Vorzüge dieses und anderer großer Instrumente gegenüber Fernrohren mittlern Ranges hauptsächlich bei guten atmosphärischen Verhältnissen zur Geltung kommen, während bei schlechter Luft im Riesenfernrohr nur wenig bessere Bilder entstehen als in kleinern Tuben. Es folgt hieraus die Nothwendigkeit, größere Fernrohre nur an solchen Orten aufzustellen, wo die Verhältnisse eine vollständige Ausnutzung ihrer optischen Kraft gestatten — eine Bedingung, die auf dem Lick-Observatory in hohem Grade erfüllt ist. — Bei Terby wird die Südkappe mit großer Regelmäßigkeit als die hellere notirt; mitunter war sie sogar roth, während die Nordkappe immer grau war.

Die Breite der einzelnen Parallelstreifen ist, wie so manches Andere auf den Zeichnungen verschiedener Beobachter, sehr verschieden. Es ist möglich, daß ihre Erstreckung in mehr oder minder hohe nördliche und südliche Breiten periodisch sich ändert und nicht einzig der Verschiedenheit der Instrumente, Luftbedingungen und Beobachter zuzuschreiben ist.

Ist es erlaubt, ein weit hergeholtes, aber bezeichnendes Bild zu gebrauchen, so wolle sich der geneigte Leser daran erinnern lassen, daß gewisse Raubthiere ein regelmäßig gestreiftes Fell haben, daß die Ring-

ſtreifen bei andern vielfach unterbrochen ſind und bei noch andern in einzelne Tropfen oder Flecken zerfallen, an denen ſich aber manchmal noch die ſtreifige Anordnung beobachten läßt. Alle dieſe Vertheilungen des dunkeln Materials können an den Jupiterſtreifen beobachtet werden; die Unterbrechungen ſcheinen hier meiſtens durch das Eindringen weißer Wolken bewirkt zu werden.

In der Morgenfrühe des 3. Juni 1878 nahm Lohſe[49]) am ſüdlich vorangehenden Rande der Scheibe einen rothen Flecken wahr, „deſſen Farbe mit dem Grau des folgenden und etwas weiter ſüdlich gelegenen Streifens weſentlich contraſtirte". Wie ſich ſpäter herausſtellte, war dieſes ſeine erſte Beobachtung eines Gebildes, das von nun an Jahre lang die Beobachter des Planeten in Athem halten ſollte. Am 22. Juni, Morgens $1^h\,38^m$, war der Fleck wieder ſichtbar, und zwar dies Mal vom Central-Meridian gekreuzt. Er lag wieder ſüdlich vom ſüdlichen Aequatorſtreifen und hatte ſelber ſtreifige Geſtalt. Das Merkwürdigſte war aber eine äquatorwärts gerichtete Einbiegung dieſes Südſtreifens, gerade an der zum rothen Fleck hinſehenden Stelle. Es zeigte ſich jetzt, daß Lohſe bereits am 7. Mai zwar nicht den Flecken, aber eine Wirkung deſſelben beobachtet hatte. Nehmen wir die Rotationszeit zu $9^h\,55^m\,33^s$ an, ſo finden wir, daß 111 Rotationen oder Jupitertage gleich $45^d\,21^h\,46^m$ unſerer Zeit ſind. Ziehen wir dieſe Zeit ab von der für den 22. Juni angegebenen, ſo erhalten wir den 7. Mai $4^h\,52^m$ Morgens. Um dieſe Zeit hat alſo der Fleck, wenn er bereits vorhanden war, gleichfalls im Central-Meridian ſtehen müſſen. Nun hat Lohſe kurz vorher, nämlich $3^h\,55^m$, wirklich den Planeten gezeichnet; der Fleck mußte alſo damals noch in dem nachfolgenden Quadranten der Scheibe ſtehen, und thatſächlich zeigt hier die Skizze — noch nicht den Flecken ſelber, wenigſtens iſt er noch nicht als ſolcher angeſprochen, aber die äquatoreale Einbiegung des Südendes vom Südſtreifen genau wie am 22. Juni.

Am 30. Juli war der Fleck von fiſchartigem Umriß, das Kopfende ſüdlich vorangehend, das Schwanzende nördlich folgend und lang ausgezogen. Dieſelbe Richtung zeigte ſich am 9. Auguſt, wo das Ausſehen etwas verändert erſchien, und der Südſtreifen dem Fleck gegenüber wieder eingebogen war. Die Fiſchform kehrte zuweilen noch wieder, doch bildete im folgenden Jahre ſich immer mehr die kahnartige Form heraus: ein von N nach S[54]) ſchmales, von Pr nach F langes und hier an den Enden zugeſpitztes, zuweilen ſogar mit Fortſätzen verſehenes Rechteck (vgl. die Bilder). Die Geſammtlänge deſſelben von Pr nach F geht bei Lohſe über 3000 myriom. hinaus, iſt alſo mindeſtens dem doppelten Erddurchmeſſer gleich; nach der Breite kann der Fleck den Radius der Erdkugel aufnehmen. Die Rotationszeit des Gebildes wich ein wenig ab

der scheinbare Durchmesser nur etwa im Verhältnisse 2 : 3 sich ändert. Immerhin ist schon diese Aenderung lästig, da der größere Durchmesser auf die in jeder Hinsicht bequemere Oppositionszeit fällt; doch ist die Veränderlichkeit viel kleiner als bei Mercur und Venus, die zudem meistens nur in der Nähe der Sonne beobachtet werden können, und auch viel kleiner als bei Mars, der allerdings auch in Sonnen-Opposition kommt. Die schiefe Stellung der Ekliptik und der andern Planetenbahnen zum Erdäquator hat die weitere Unannehmlichkeit zur Folge, daß Jupiter — und ebenso die andern in Opposition kommenden Planeten — zuweilen während mehrerer auf einander folgender Oppositionen für einen und denselben Beobachtungsort auch in seiner Culmination sehr tief steht, wodurch die schädlichen Einflüsse der Erdatmosphäre auf das Fernrohrbild erheblich vergrößert werden. Fügen wir hinzu, daß verschiedene Fernrohre, selbst beim Anwenden der gleichen Vergrößerung, von den Einzelheiten der Planeten-Oberflächen merklich verschiedene Bilder geben, eine Folge der schärfern Begrenzungsfähigkeit und größern Lichtfülle der bessern Instrumente, — daß ferner die Auffassung des Beobachters und selbst seine Geschicklichkeit im Zeichnen als ein besonderes Element sich geltend macht, so ist die große Verschiedenheit der Jupiter-Bilder zu begreifen, die nicht nur in frühern und im jetzigen Jahrhundert, sondern selbst in den einzelnen Jahren des letzten Jahrzehnts von verschiedenen Beobachtern erhalten wurden.

Dem freien Auge erscheint Jupiter als gelber Stern, der nicht merklich funkelt. Seine Scheibengestalt entdeckte bereits Galilei 1610 mit dem neuerfundenen Fernrohr, als er auch die Monde auffand. Hevelius erklärte 1647 den Planeten für „ziemlich" rund; Picard und Cassini fanden 1665 seine Abplattung (die oben ausführlich besprochen wurde), und Letzterer leitete im gleichen Jahre aus der Beobachtung eines auffallenden Fleckens auf der Planeten-Oberfläche die Thatsache ab, daß Jupiter in der merkwürdig kurzen Zeit von $9^h\ 56^m$ sich um seine Axe dreht, und zwar, gleich unserer Erde, entgegengesetzt dem Uhrzeiger für einen nördlichen Beobachter. Die Axendrehung geht also, gleich dem Trabanten-Umlaufe, auf der Vorderseite von links nach rechts für einen europäischen Beobachter. Das umkehrende Fernrohr des Astronomen läßt dagegen die Rotation von rechts nach links verlaufen. Inzwischen haben die Beobachtungen späterer Zeit ergeben, daß die Rotationszeit etwas verschiedene Werthe erhält, je nachdem man das eine oder das andere Gebilde beobachtet. So erhielt schon Cassini, nachdem er durch Beobachtungen der Jahre 1672 und 1677 sein erstes Ergebniß nahezu bestätigt gefunden hatte, in den Jahren 1690 und 1691 die Werthe $9^h\ 51^m$ und $9^h\ 50^m$. Diese Abweichungen sind zu groß, um durch Beobachtungs-

fehler erklärt zu werden; bedenken wir nur, daß in 10 unserer Tage Jupiter sich etwa 24 Mal um seine Achse dreht ($10^h \times 24 = 24^h \times 10$), daß also eine Beschleunigung um 5^m bei jeder Rotation nach 10 Tagen bereits $24 \times 5^m = 2^h$ ergibt. In der That läßt eine so schnelle Rotation sich sehr genau bestimmen, wie denn Airy (1834) $55^m 24^s,2$; Mädler (1834) $56^m 26^s,53$; Schmidt (1862) $55^m 25^s,70$ erhielt. (Die 9^h sind hier und im Folgenden der Einfachheit halber weggelassen.) Aus den Rotationen der Jahre 1872 und 1873, bestimmt aus einem auffallend dunkeln Streifenstück der Oberfläche, fand Lohse $55^m 19^s,6$ (Unsicherheit $2^s,3$). Belopolsky (1891) fand zwei verschiedene Zahlen, nämlich 51^m für einen Aequatorstreifen, 55^m für den Rest der Oberfläche, wenigstens bis zur jovigraphischen Breite[48] von 45°. Merkwürdigerweise beruht auch Cassini's Periode von 1692 auf Beobachtung eines Aequatorfleckens. Verschiedene Ergebnisse, die Lohse[49] aus seinen Beobachtungen (1878—1881) gezogen hat, zeigen, daß der unten zu besprechende „rothe Fleck" der südlichen Halbkugel 55^m und einige dreißig Secunden brauchte, desgleichen ein „helles Wölkchen" und ein „dunkeler Knopf" der Nordhalbkugel; ein heller Polarfleck derselben Hemisphäre ergibt $55^m 42^s$, eine helle Aequatorwolke dagegen etwa 50^m. Sehr schnelle Aequator-Rotationen, und zwar bereits in 25° nördl. jov. Breite fand (1890—1891) Denning (49^m, 48^m), während er in 30° die gewöhnliche Zahl (55^m) fand.

Wir haben diese Zahlen mitgetheilt, um dem Leser zu zeigen, zunächst daß eine regelmäßige Axendrehung Jupiters seit Jahrhunderten beobachtet ist und ferner, daß der Aequatorgürtel eine beschleunigte Rotation aufweist. Man hat letztern Umstand wohl benutzt, um zwischen Jupiter und der Sonne eine weitere Aehnlichkeit herauszufinden. Unser Tagesgestirn hat nämlich eine Axendrehung von verschiedener Schnelligkeit in verschiedenen heliographischen[48] Breiten. Während die äquatorealen Gegenden in $25\,^1/_2{}^d$ rotiren, brauchen die nördlichern und südlichern Parallelkreise immer größere Zeiträume. Die allmälige Verlangsamung der Rotation nach Norden und Süden war bisher aus den Sonnenflecken nur bis zu 55° heliogr. Breite nachgewiesen, bis Duner in einer schönen Untersuchung[50] auf spectrometrischem Wege das Gesetz bis 75° Breite nachgewiesen hat. Die Verlangsamung ist so colossal, daß, wenn die Formeln auch jenseits der beobachteten Grenzen Gültigkeit besitzen, die den Sonnenpolen benachbarten Gebiete oder doch ihre Protuberanzen erst in 38, nach anderer Weise berechnet, sogar erst in 49^d ein Mal rotiren — also, nach letzterer Annahme, halb so schnell wie der Aequator. Die Erklärung dieses Umstandes ist eines der schwierigsten Probleme der Astrophysik. Was aber Jupiter angeht, so

Mittel sinnen, einerseits das Bild sofort groß genug zu machen — was bei dem hellen Lichte Jupiters nicht unmöglich wäre —, anderseits den Silberniederschlag feiner und gleichmäßiger zu gestalten. Neun Jahre später erklärt auch Keeler das Problem, die Güte der Handzeichnung durch Photographie zu erreichen, für ungelöst; doch gibt er die Hoffnung nicht auf, und die allerneuesten Nachrichten aus England und America lauten noch aussichtsreicher. Von zwei am 8. Sept. 1890 auf dem Lick-Observatory aufgenommenen Photogrammen ist das eine (wiedergegeben in „Himmel und Erde") recht deutlich; trotz des geringen Durchmessers von 22 mm äquatoreal kann man doch zwischen den Hauptstreifen das mehrerwähnte lachsrothe Band noch gut erkennen.

Neueste Gebilde auf dem Jupiter. Im August, September und October 1891 wurden von verschiedenen Beobachtern Neubildungen bemerkt. Nach Terby's Mittheilung hatte die Südhalbkugel drei neue Flecken, die in ihrer typischen Gestalt an den großen 1878er Flecken erinnerten, der übrigens auch wieder ziemlich hell geworden war. Namentlich eines von diesen drei Gebilden, die alle noch südlicher als der große Fleck lagen, zeigt die Gestalt eines langgestreckten Sechseckes und ist von einer äquatorealen Einbiegung des zunächst nördlich von ihm gelegenen Streifens begleitet. Terby glaubt es schon 1872 gesehen zu haben. Die Flecken sind tief dunkelroth, gleich dem nördlichen Aequatorstreifen. Noch merkwürdiger sind mehrere sehr kleine schwarze Punkte auf der äquatorealen Seite desjenigen Streifens, der zunächst nördlich von dem letztgenannten liegt und unter günstigen Umständen doppelt erscheint.

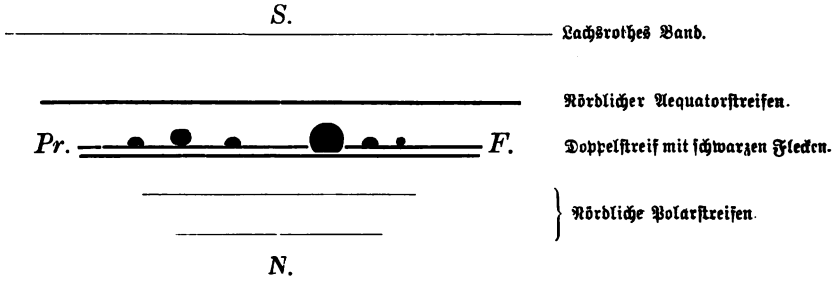


Fig. 6. Streifen der nördlichen Jupiters-Hemisphäre. Schematisirt nach Terby's Zeichnung 1891 Sept. 30 8^h 54^m M. Zeit Brüssel.

Möglicherweise besteht ein eigenthümlicher Zusammenhang zwischen den Neubildungen auf beiden Hemisphären. Die schwarzen Flecken haben, wie auch aus ältern Beobachtungen ähnlicher Gebilde hervorgeht, eine

sehr kurze Rotationszeit, nämlich $9^h\ 48^m$ oder 49^m. Das ist ein weiterer Beweis gegen die Annahme, daß Jupiter ein ähnliches Rotationsgesetz wie die Sonne befolgt. Denn die Fleckchen sind der äquatorealen Zone doch schon sehr entrückt.

Die Südhalbkugel enthält mehrere weißglänzende, perlenartige Gebilde.

VII. Vermuthungen über die physische Beschaffenheit des Jupiter.

Der Gedanke, daß über die natürliche Beschaffenheit eines Himmelskörpers, welcher im günstigsten Falle 60 Millionen myriom. von uns entfernt und auch in den besten Fernrohren nur als kleine glänzende Scheibe sichtbar ist, etwas Bestimmtes ausgesagt werden könne, erscheint noch ungeheuerlicher, wenn wir bedenken, wie wenig Zuverlässiges über unsere kleine Erde bekannt ist. Selbst die besten Fernrohre, die günstigsten Luftverhältnisse gestatten uns nicht, die Vergrößerung des Jupiter-Bildchens im Fernrohre immer so weit zu treiben, wie die Lichtstärke des Planeten zuzulassen scheint. Die kleinen Schwankungen des Bildes, eine Folge atmosphärischer Störungen, werden mit vergrößert, und da tritt nur zu bald eine Grenze auf, jenseits welcher ein weiteres Vergrößern schädlich ist. Zum Auffinden zarterer Einzelheiten ist neben guter Luft, günstigem Stande des Planeten und einem guten Fernrohr eine gewisse Uebung und theoretische Schulung erforderlich. Findet doch auch der erfahrene Forstmann dort, wo ein Anderer nur einförmige graue Baumrinde sieht, die Spuren einer ausgebreiteten Lebensthätigkeit kleiner Pflanzen und Thiere; hört doch der wohlgebildete Musiker aus einer Symphonie, die dem gewöhnlichen Concertbesucher nur ein angenehmes Spiel mit Tönen und Klängen ist, die erhabensten Gedanken des Componisten heraus.

Die schnelle Axendrehung der gewaltigen Jupiterskugel, die wechselnde Drehungsgeschwindigkeit in verschiedenen ihrer Theile, die Beweglichkeit und Veränderlichkeit einzelner Gebilde, die eigenartige Auffassung ihrer Größe und Farbe durch jeden Beobachter bildet ein großes Hinderniß für eine endgültige Entscheidung über die Natur des Gestirns. Dennoch haben wir darüber schon ein bestimmtes Wissen, das uns zur Aufsuchung weiterer Kenntnisse nützlich sein kann. Die als richtig erkannte Bewegung des Planeten um die Sonne gab uns mit Hülfe der anderweitig ermittelten Entfernung der Erde vom Tagesgestirn die Möglichkeit, den Abstand Jupiter's von unserem Wohnplatze mit

großer Genauigkeit zu berechnen. Die scheinbare Größe des Planeten, ausgewerthet mit Hülfe der feinen Winkelmeßwerkzeuge der neuern Astronomie, verschaffte uns die Kenntniß von seiner wahren Größe. Eine fortwährende Bestätigung erfahren nun die Angaben des rechnenden durch die Ergebnisse des beobachtenden Astronomen. Je weiter nach erstern der Planet von uns entfernt ist, desto kleiner erscheint er bei gleicher Vergrößerung dem Beobachter. Ist dem letztern diese Thatsache auch etwas hinderlich, da die Durchmesser in der Conjunction und Opposition wie drei zu zwei, die Oberflächen wie neun zu vier sich verhalten, so ist doch in einer so schwierigen Sache jede Bestätigung der Richtigkeit unserer Ansichten willkommen. Zum Ueberfluß zeigt sich noch, daß die Verfinsterungen der Jupitermonde sich um so mehr verspäten, je weiter der Planet nach den Rechnungen von uns entfernt ist. Und die hieraus abgeleitete Lichtgeschwindigkeit ist in schönster Uebereinstimmung mit der auf irgend eine andere Weise ermittelten: sei es aus der scheinbaren Bewegung irgend eines Planeten, oder aus der scheinbaren kleinen Verschiebung eines beliebigen Fixsternes, oder aus der größern und kleinern Verspätung der Finsternisse des weit entfernten Algol, oder gar aus Laboratoriums-Versuchen, angestellt mit elektrischem Bogenlichte. Jedes Ergebniß zeigt sich als so zuverlässig, wie nach der Natur der Beobachtungsthatsachen zu erwarten ist. Und da zur Berechnung des Eintrittes einer Satelliten-Verfinsterung die Kenntniß der Größe und Lage des Jupiterschattens erfordert wird, die wieder aus der Größe und wechselnden Entfernung von Jupiter und Sonne zu finden ist, so zeigt die (wieder innerhalb der zulässigen Fehlergrenzen) vollkommene Uebereinstimmung zwischen Theorie und Augenschein, wie richtig wir alle fraglichen Größen angesetzt haben. Zugleich zeigt uns die bloße Thatsache der Verfinsterung aller vier Monde, jedes zu seiner Zeit, daß diese von der Sonne erleuchtet werden und kein merkbares Eigenlicht ausstrahlen. Sie verfinstern aber auch ihrerseits kleine Theile der Jupiter-Oberfläche, und so müssen wir, in Uebereinstimmung mit der Spectral-Analyse, behaupten, daß auch Jupiter von der Sonne erleuchtet wird. Die mangelhafte Beleuchtung des präcedirenden oder des folgenden Randes in den Quadraturen bestätigt uns neben diesem Ergebniß auch die kugelähnliche Gestalt des im Fernrohr als Scheibe erscheinenden Weltkörpers, die wir auch aus der Rotation, der Randverzerrung und Randverdunkelung leicht erschließen. (Sie folgt natürlich auch aus den Finsternissen, besonders in den Quadraturen.) Die starke Abplattung an den Enden der Rotationsaxe ist neben der Rotation selbst eine wichtige Thatsache. Die Masse des so weit entfernten Körpers haben wir mit weit größerer Genauigkeit, als

der Kaufmann beim Auswägen seiner Waaren anwendet, aus ihren verschiedenen Wirkungen, sei es auf die Satelliten, die Asteroiden oder Kometen, erschließen können[30]). Vergleichen wir sie mit der Größe, so bekommen wir einen Begriff von der Dichtigkeit des Planeten. Niemand wird es uns verargen, wenn wir, die Rechnung fortsetzend, den Satz aussprechen, daß an der Oberfläche des gewaltigen Planeten ein jeder Körper zweieinhalb bis drei Mal stärker auf seine Unterlage drückt, als er es auf der Erde thun würde; daß die Schwerkraft auf dem Jupiter, gerade wie bei uns, von den Polen zum Aequator abnimmt, und zwar dort, entsprechend der bedeutenden Abplattung und der schnellen Rotation, um ein volles Sechstel ihres Werthes.

Für die Erklärung der auf dem Jupiter beobachteten Erscheinungen müssen wir außer diesen Ergebnissen noch einen wesentlichen Unterschied zwischen ihm und denjenigen andern Himmelskörpern beachten, deren Oberflächen einer genauen Untersuchung bisher zugänglich waren. Auf unserm Monde nehmen wir nur feste Oberflächengebilde wahr, aber keine deutliche Spur von atmosphärischen Vorgängen. Der Planet Mars zeigt sich uns ganz ähnlich, wie voraussichtlich einem Marsbewohner die Erde sich darstellen würde: constante Oberflächengebilde treten auf, die mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit für Länder, Meere und Meerengen angesprochen werden dürfen; eisige Polarkappen, die nach den vorausberechneten Jahreszeiten ihre Größe ändern; dabei wechselnde atmosphärische Bildungen, die uns den Anblick jener unveränderlichen Gebiete mehr oder weniger trüben. Mit Mercur und Venus dürfte es ähnlich bestellt sein; allerdings bringt ihre große Sonnennähe Aenderungen mit sich, nicht nur in Betreff der Sache, sondern namentlich auch in Bezug auf ihre Zugänglichkeit für unsere Instrumente. Die weit entfernten Planeten Saturn, Uranus und Neptun bieten der Beobachtung noch viel größere Schwierigkeiten, scheinen aber auch mit Erde und Mars kaum eine Aehnlichkeit zu haben.

Die Sonne bildet in Bezug auf wahre Größe und Oberflächenbeschaffenheit den größten Gegensatz zu unserem Monde, dem sie nur in der scheinbaren Größe und in der Rotationszeit ihrer äquatorealen Gegenden in etwa gleicht. Nichts von allem, was wir auf der Sonne sehen, hat Bestand; einige Gebilde sind in wenigen Wochen, andere in Tagen, Stunden und selbst Minuten vollständig verändert. Die gewaltige, in höchster Gluth befindliche Masse ist beständig mit einem feinen Netzwerk weißer Wolken umgeben, die Licht und Wärme in den Weltraum hinaussenden. Die stürmischen Bewegungen in der Oberfläche, die wir als Fleckenbildungen bezeichnen, befolgen aus geheimnißvollen Ursachen eine etwas mehr als elfjährige Periode der Häufigkeit.

Es scheint nun, als wenn zwischen der Sonne einerseits und anderseits denjenigen Planeten, deren constante Oberflächentheile sich mit gewisser Sicherheit darstellen lassen, Jupiter eine Art Mittelstellung einnähme. Obwohl die große Veränderlichkeit aller seiner Gebilde offenkundig ist, verrathen doch viele unter ihnen eine Constanz, die auf der Sonnenoberfläche unerhört ist. So ist der vielgenannte große rothe Fleck der Südhalbkugel noch im Herbst 1891 bei seinem Wiederaufleuchten von Terby ziemlich genau in der von Pr nach F langgestreckten sechseckigen Gestalt gezeichnet worden, die er beim ersten Auftauchen im Jahre 1878 Lohse's Zeichnungen zufolge nach und nach angenommen hat. Auch die Größenänderung hat mäßige Grenzen innegehalten, und die mehrerwähnte Verbiegung des Aequatorstreifens durch jenen zeigte sich nicht minder im Jahre 1878, noch ehe der Fleck eine auffallende Gestalt erlangt hatte, als in der zweiten Hälfte der achtziger Jahre, wo das starke Spiegelfernrohr des Earl of Rosse Observatory ihn noch mit Mühe identificiren konnte, als 1889, wo er wieder auffälliger wurde und 1891 in der zuletzt beobachteten Opposition.

Vielleicht bilden unser Mond, der Mars und die Erde, Jupiter und die Sonne die Glieder einer Reihe, geordnet nach der größern oder geringern Festigkeit der Oberfläche und Bedeutung der atmosphärischen Gebilde. Der erste Blick zeigt dem mit den linearen Verhältnissen des Systems Vertrauten, daß die Reihe auch nach der Größe der fünf Körper geordnet ist, indem die Sonne den größten, der Mond den kleinsten Durchmesser hat. Da nun Jupiter in dieser Reihe neben der Erde steht, und da bei ihm jedenfalls in großer Ausdehnung atmosphärische Gebilde auftreten, so liegt es nahe, die Ursachen, von denen die Bewegungen in der irdischen Atmosphäre uud Hydrosphäre bedingt werden, vorerst durchzugehen und uns bei jeder zu fragen, mit welchen Aenderungen sie auf den größten Planeten unseres Systems übertragen werden kann. Bekanntlich sind es aber folgende Factoren, die das Wetter und die Meeresbewegungen auf Erden bestimmen: Eigenwärme des Erdballes; zugeführte Sonnenwärme; jährliche Bewegung um die Sonne in einer etwas excentrischen Bahn; Drehung um eine schief gegen die Bahnebene gestellte Axe; endlich die Periodicität der Sonnenflecken und Anziehung des Mondes.

Eigenwärme der Erde und des Jupiter. — Es ist bekannt, daß wir beim Eindringen in den Erdkörper bald an ein Gebiet kommen, wo der Wechsel der Tageszeiten sich nicht mehr am Thermometer beobachten läßt, wohl aber noch der jährliche Gang der Temperatur. Dann kommt eine Tiefe, wo auch dieser nicht mehr bemerkbar ist, vielmehr beständig die mittlere Jahreswärme des Ortes herrscht. Gehen wir noch

tiefer, so finden wir eine regelmäßige, obwohl nicht überall gleich schnelle Zunahme der Temperatur. Nun dringen freilich die tiefsten Bohrlöcher nur etwa um den 7=—8000. Theil des Erddurchmessers in die Rinde unseres Planeten ein. Der Schluß jedoch, daß die Temperaturzunahme, wenn auch allmälig mit geringerer Schnelligkeit, sich in die größten Tiefen fortsetzt, ist physicalisch wohlbegründet. Wir haben uns darum die Erde als einen sehr warmen Himmelskörper vorzustellen, der an seiner Oberfläche mit einer Erkaltungskruste überzogen ist. Ueberall dort, wo die belebenden Sonnenstrahlen nicht einzuwirken vermögen, ist diese Rinde schutzlos der Abkühlung gegen den Weltraum ausgesetzt.

Nur selten vermag die Eigenwärme der Erdkugel sich in Wettererscheinungen zu äußern. Die mit Gewittern verbundenen Ausbrüche vieler Vulcane können als Beispiele dienen. Aber nicht immer scheint dieses Mißverhältniß zwischen Eigenwärme und zugeführter Sonnenwärme bestanden zu haben. Die untergegangenen Pflanzenwelten, deren Reste uns in den Flötzen unserer Steinkohlengebirge erhalten sind, haben, wie es nach der Structur der einzelnen Gewächse, nach dem Bau ihrer Wurzeln und der großen Mächtigkeit der Lager angenommen werden muß, in einer feuchtheißen kohlensäurereichen Atmosphäre die Bedingungen ihres Daseins gefunden, und zwar zu einer Zeit, wo die Grenzen des Landes und Meeres vielfachem Wechsel unterworfen waren. Wir finden aber diese Lager in allen möglichen Klimaten, woraus wir schließen dürfen, daß die Sonnenwärme damals noch nicht, oder noch nicht in der Hauptsache, die Spenderin des Lebens war. Nur ihr Licht drang in trüber Bleifarbe durch den dichten Wolkenschleier, mit welchem der warme Planet durch die massenhafte Wasserverdunstung sich umgab. Die geschwächten Strahlen reichten doch noch zur Förderung des Pflanzenwuchses hin, da die ganze Erdoberfläche die Eigenschaften eines großen Treibhauses besaß. In den obersten atmosphärischen Regionen mochten wegen der gesteigerten Abkühlung häufige Schneefälle stattfinden; zur Erde selbst kam das Wasser in diesem Stadium wohl nur in flüssiger Form zurück, ähnlich wie jetzt noch der Hagel in den Tropen, der schon beim Herunterfallen abschmilzt.

Ein außerirdischer Beobachter hätte in jener Periode den Erdball in hellstem Glanze erstrahlen sehen, da die weißen Schneewolken das Licht des Tagesgestirns in fast unverminderter Stärke zurückwarfen. Zufolge der Axendrehung hätten die Schneewolken vielleicht die streifige Gestalt angenommen, die uns das Fernrohr an den Jupitersgebilden zeigt. Ja, es wäre ihm in dieser oder einer etwas ältern Periode vielleicht nicht unmöglich gewesen, auch rothe Flecken auf der Erde wahrzunehmen. Die Kruste wurde damals viel häufiger als jetzt von vul=

canischen Ausbrüchen zerrissen, gemäß der größern Eigenwärme. Heiße Dämpfe und Gase entstiegen dem Boden in solcher Menge, daß die Bildung schwerer und kalter Wolken darüber auf längere Zeit erschwert wurde. Der Beobachter hatte dann in etwa freien Blick auf die Erde. Da jedoch das Sonnenlicht an dieser Stelle, anstatt direct von den Wolken zurückgeworfen zu werden, vielmehr durch eine dichte Atmosphäre zum Erdboden dringen und von hier aus durch dieselbe Atmosphäre zurückkehren mußte, so nahm es die Färbung an, welche das Ergebniß der Absorption in einer wasserdampfreichen Dunsthülle ist. Es ist jene Farbe, in der an klaren Abenden der Erdschatten gegen das helle Dämmerungs-Segment abgegrenzt ist; es ist dasselbe Kupferroth, das uns die Scheibe des verfinsterten Vollmondes zu zeigen pflegt; denn das wenige Licht, das dieser uns zusenden kann, erhielt er auf einem Umwege, da es, von der Sonne kommend, in den tiefen Schichten der Erdenluft abgelenkt und dabei geröthet wurde.

Vielleicht hätten solche Flecken auch eine Verlängerung in der Richtung des Parallelkreises erfahren, und zwar in Folge der nach oben verlangsamten Rotation. Es scheint daher, daß wir den Zustand, in welchem Jupiter sich zur Zeit befinden mag, mit einem seit langer Zeit überwundenen Entwickelungs-Stadium der Erde vergleichen dürfen, und es fragt sich, ob hierfür auch andere Wahrscheinlichkeitsgründe vorliegen. Ein solcher Grund kann aus der muthmaßlichen Entwickelungsgeschichte des Sonnensystems genommen werden. Die bekannte Thatsache, daß ein Körper desto langsamer erkaltet, je größer er ist, liefert uns den Schlüssel zum Verständniß der Wahrnehmung, daß die Sonne sich noch in höchster Gluth befindet, während alle ihre Planeten dunkler sind als sie. Der Schluß ist so sicher, daß er mit Erfolg auch auf die entfernten Fixstern-Systeme des Algol, Sirius und ähnlicher Himmelskörper angewandt wird.

Da nun Jupiter in Bezug auf Größe und Masse eine Mittelstellung zwischen Erde und Sonne einnimmt, so liegt die Vermuthung nahe, daß er zwar kälter als diese, aber doch noch viel wärmer als jene ist. Es ist dabei die stillschweigende Voraussetzung gemacht, daß die Unterschiede der Entstehungszeiten der drei Himmelskörper klein sind im Vergleich mit den Unterschieden ihrer Abkühlungszeiten und daß anfangs alle sehr heiß waren. Die Uebereinstimmung, welche zwischen den Dichtigkeiten Jupiters und der Sonne besteht, läßt erkennen, daß die Massenvertheilung, wie sie im Innern des sehr dichten Erdballes eingetreten ist, für Jupiter einer weit spätern Periode vorbehalten bleibt.

Man hat wohl behauptet, daß Jupiter sich noch in einem wirklichen Gluthzustande befinde. Wir wissen nun freilich bestimmt, daß

Jupiter von der Sonne erleuchtet wird und daß dieser mächtigen Lichtquelle gegenüber sein etwaiges Eigenlicht kaum in Betracht kommen kann. Die Unregelmäßigkeit seiner Gestalt in den Quadraturen spricht ebenso dafür wie die Projection der Trabantenschatten auf seine helle Scheibe. Auch würden ja die Trabanten in seinem Schatten nicht vollständig verschwinden können, wenn er im Stande wäre, ihnen anderes Licht zuzusenden als erborgte Sonnenstrahlen. Indessen hat man geglaubt, daß bestimmte Gebilde der sichtbaren Scheibe selbständige Lichtquellen sein könnten. Man wird hier zunächst an die rothen Gebilde denken müssen, und zwar an die Streifen nicht minder als an die großen Flecken. Denn daß beide Arten von Gebilden nur dem Grade nach verschieden sind, nicht der Entstehung nach, scheint aus Lohse's ältesten Bildern des großen rothen Flecks, wie auch aus den Farbenangaben aller Beobachter zu folgen. Indessen ist auf den rothen Streifen gewöhnlicher Gestalt häufig genug ein Trabantenschatten in voller Schärfe bemerkt worden. Verschwommen scheinen die Schatten hauptsächlich in der Randgegend zu werden, eine Erscheinung, die aus dem atmosphärischen Charakter der Gebilde leicht zu erklären ist. Uebrigens liegt auch eine schöne Beobachtung vor, die für den großen Fleck im Besondern den Mangel an eigenem Lichte beweist. Terby sah am 10. September 1891, also zu einer Zeit, wo der Fleck, wie wir wissen, an Helligkeit wieder sehr gewonnen hatte, den dritten Trabanten und dessen Schatten gleichzeitig auf der Scheibe, also ein ähnliches Phänomen, wie es in unserer Fig. 1 (südliche Hälfte) dargestellt und bei der Beschreibung der Figur erklärt ist. Während jedoch dort der Schatten in der Nähe des Pr-Randes dem verschwindenden Fleck folgt und der Satellit am nachfolgenden Rande eingetreten scheint, war dieses Mal, wegen veränderter Stellung des Jupiter zur Erde und Sonne, der Schatten als runde schwarze Scheibe auf dem rothen Fleck zu sehen, dem der Satellit selber als grauer Fleck voranzugehen schien.

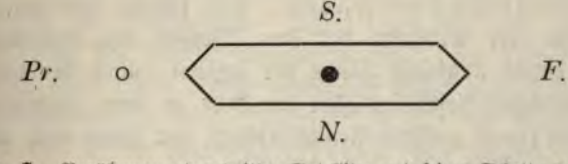


Fig. 7. Vorübergang des dritten Satelliten und seines Schattens, schematisch angedeutet nach Terby's Beschreibung.

Hätte der Fleck Eigenlicht entwickelt, so würde der Schatten viel von seiner Deutlichkeit verloren haben. Es ist also erlaubt, ihn für an

sich dunkel zu halten, und dann ist die Annahme, daß er durch Absorption des Sonnenlichtes zu Stande kommt, wie wir sie vorhin an dem Beispiele der Erde erörterten, sehr plausibel. Da nun Gebilde, die in eigener Rothgluth erstrahlen, auf dem Jupiter anscheinend nicht zu finden sind, so ist es noch weniger wahrscheinlich, daß weißglühende Oberflächentheile sichtbar sind. Obgleich nun verschiedene Beobachtungen (wie die Keeler'schen mit dem Sechsunddreißigzöller) dafür sprechen, daß die weißen Gebilde sich in dem rothen Medium bewegen, also wohl als Wolken anzusehen sind, so ist doch ihr heller Glanz merkwürdig genug. Man hat sie für selbstleuchtend oder aber für so beschaffen zu halten, daß sie das Sonnenlicht beim Zurückwerfen nicht zerstreuen, sondern wie aus einem Spiegel in den Weltraum hinaussenden. Letztere Annahme ist der erstern vorzuziehen. Terby hat nämlich (1884, Febr. 16) auf einem hellen Flecken, der sich von dem weißen Grunde der südlichen Aequatorealgegend durch größere Lichtstärke merklich abhob, den Schatten des ersten Mondes in unveränderter Schärfe gesehen.

Dagegen glaubt neuestens William Noble aus einer am zweiten Monde gemachten Beobachtung auf mögliches Eigenlicht des Planeten schließen zu dürfen. (The Journal of the Brit. Astr. Assoc. II. p. 310.)

Wenn wir also dem Jupiter auch eine hohe Eigenwärme zusprechen, die in der That gerade aus der Erscheinung des rothen Flecks zu folgen scheint, so ist sein Gluthzustand an der Oberfläche doch als unter der Lichtgrenze liegend anzunehmen. Es wird sich um nur wenige hundert Grad handeln. Die hohe und dichte Atmosphäre wird uns das tiefrothe Licht, das etwa ausgestrahlt werden mag, so gut wie vollständig entziehen. Die anfängliche Schwärze der rothen Gebilde, auf die Barnard aufmerksam gemacht hat, wird aus der Heftigkeit der ersten Eruptionen sich erklären.

Nach diesen Vermuthungen über den Betrag der Eigenwärme des Planeten wenden wir uns zur Frage nach der Größe der von der Sonne gespendeten Wärme und deren Vertheilung über die Jupitersfläche.

Zugeführte Sonnenwärme. Die schräge Stellung der Erdaxe zur Ebene der Erdbahn hat den Wechsel der Jahreszeiten zur Folge. Die etwas ungleiche Länge der letztern rührt her von der ein wenig veränderlichen Geschwindigkeit der Erde in ihrer elliptischen Bahn. Mars mit einer etwas größern Aequatorschiefe hat einen noch ausgeprägtern Wechsel der Jahreszeiten als die Erde.

Der Leser erinnert sich, daß wir an einer frühern Stelle ihm gerathen haben, einen Globus aus weiter Entfernung zu betrachten, um daraus die Randverzerrung bei den Planeten-Oberflächen zu ermessen. Wir hatten dort stillschweigend angenommen, daß der Globus aufrecht

oder doch senkrecht auf der Richtung zum Auge stehe. Nur so werden wir den Aequator oder vielmehr dessen vordere Hälfte als gerade Linie sehen. Ist dagegen die Kugel schief gegen jene Richtung gestellt, so daß wir etwa die Umgebungen des Südpols vollständig, aber die des Nordpols gar nicht sehen können, so erscheint die Mitte der vordern Aequatorhälfte nach Norden ausgebogen; nach Süden dagegen, wenn der Südpol von uns abgewandt ist. Das Gleiche gilt von den vordern Hälften der Parallelkreise. In ähnlicher Weise würde man von der Sonne aus nur am 20. März und 22. September, wenn nämlich die Erdaxe auf der Verbindungslinie des Erdmittelpunktes mit dem Sonnenmittelpunkt senkrecht steht, die vordern Hälften des Aequators und der Parallelkreise als gerade Linien sehen, oder vielmehr die Wolkenstreifen, welche dann in westöstlicher Richtung über der heißen Zone sich ausbreiten. Hat die nördliche Halbkugel Sommer, so ist der Nordpol zur Sonne hingewandt; der solare Beobachter sähe dann die Streifen nach Süden ausgebogen, und es wäre um den 21. Juni, wenn der Winkel der Erdaxe mit jener Verbindungslinie am schiefsten ist, die Ausbiegung am auffallendsten. Dagegen würden um Weihnachten, nämlich in der Mitte des Winterhalbjahres der Nordhalbkugel, die Parallelstreifen am stärksten nach Norden ausgebogen erscheinen. Wenn der Globus um seine Axe gedreht wird, während wir ihn aus weitem Abstande betrachten, so werden die einzelnen Punkte je nach der Stellung der Axe mehr oder weniger gebogene Linien beschreiben müssen. Aehnliches gilt also für die wirkliche Erde und den solaren Beobachter, oder auch für den Planeten Mars und den irdischen Beobachter.

Der aufmerksame Leser wird bereits herausgefunden haben, daß die Rotationsaxe des Jupiter auf seiner Bahnebene und darum auch auf der nur wenig dagegen geneigten Ebene der Erdbahn nahezu senkrecht steht, ja daß in unsern bisherigen Ausführungen einfach diese Annahme gemacht wurde. Unsere Bilder zeigen ja sämmtlich, daß die Parallelstreifen bei aller ihrer Unregelmäßigkeit doch im Ganzen sich der geraden Linie ziemlich gut anschmiegen. Dabei sehen wir aber auch, daß eine geringe Neigung des Jupiter-Aequators gegen seine Bahnebene sich aus den Streifen nicht direct würde bestimmen lassen und eben so wenig aus der Rotationsbewegung eines beliebigen Flecks; die Ausbiegung ist zu gering, um mit Erfolg gemessen zu werden. Ein anderes Verfahren ergäbe sich aus der Veränderlichkeit der scheinbaren Abplattung. Die Geringfügigkeit der Neigung überhaupt bringt es aber mit sich, daß die gemessenen Aenderungen nicht erheblich aus den Fehlergrenzen auch der bessern Beobachtungen heraustreten.

Es gibt nun eine indirecte Methode zur Bestim[mung] Lage der

ſich dunkel zu halten, und dann iſt die Annahme, daß er durch Abſorption des Sonnenlichtes zu Stande kommt, wie wir ſie vorhin an dem Beiſpiele der Erde erörterten, ſehr plauſibel. Da nun Gebilde, die in eigener Rothgluth erſtrahlen, auf dem Jupiter anſcheinend nicht zu finden ſind, ſo iſt es noch weniger wahrſcheinlich, daß weißglühende Oberflächentheile ſichtbar ſind. Obgleich nun verſchiedene Beobachtungen (wie die Keeler'ſchen mit dem Sechsunddreißiggöller) dafür ſprechen, daß die weißen Gebilde ſich in dem rothen Medium bewegen, alſo wohl als Wolken anzuſehen ſind, ſo iſt doch ihr heller Glanz merkwürdig genug. Man hat ſie für ſelbſtleuchtend oder aber für ſo beſchaffen zu halten, daß ſie das Sonnenlicht beim Zurückwerfen nicht zerſtreuen, ſondern wie aus einem Spiegel in den Weltraum hinausſenden. Letztere Annahme iſt der erſtern vorzuziehen. Terby hat nämlich (1884, Febr. 16) auf einem hellen Flecken, der ſich von dem weißen Grunde der ſüdlichen Aequatorealgegend durch größere Lichtſtärke merklich abhob, den Schatten des erſten Mondes in unveränderter Schärfe geſehen.

Dagegen glaubt neueſtens William Noble aus einer am zweiten Monde gemachten Beobachtung auf mögliches Eigenlicht des Planeten ſchließen zu dürfen. (The Journal of the Brit. Astr. Assoc. II. p. 310.)

Wenn wir alſo dem Jupiter auch eine hohe Eigenwärme zuſprechen, die in der That gerade aus der Erſcheinung des rothen Flecks zu folgen ſcheint, ſo iſt ſein Gluthzuſtand an der Oberfläche doch als unter der Lichtgrenze liegend anzunehmen. Es wird ſich um nur wenige hundert Grad handeln. Die hohe und dichte Atmoſphäre wird uns das tiefrothe Licht, das etwa ausgeſtrahlt werden mag, ſo gut wie vollſtändig entziehen. Die anfängliche Schwärze der rothen Gebilde, auf die Barnard aufmerkſam gemacht hat, wird aus der Heftigkeit der erſten Eruptionen ſich erklären.

Nach dieſen Vermuthungen über den Betrag der Eigenwärme des Planeten wenden wir uns zur Frage nach der Größe der von der Sonne geſpendeten Wärme und deren Vertheilung über die Jupitersfläche.

Zugeführte Sonnenwärme. Die ſchräge Stellung der Erdaxe zur Ebene der Erdbahn hat den Wechſel der Jahreszeiten zur Folge. Die etwas ungleiche Länge der letztern rührt her von der ein wenig veränderlichen Geſchwindigkeit der Erde in ihrer elliptiſchen Bahn. Mars mit einer etwas größern Aequatorſchiefe hat einen noch ausgeprägtern Wechſel der Jahreszeiten als die Erde.

Der Leſer erinnert ſich, daß wir an einer frühern Stelle ihm gerathen haben, einen Globus aus weiter Entfernung zu betrachten, um daraus die Randverzerrung bei den Planeten-Oberflächen zu ermeſſen. Wir hatten dort ſtillſchweigend angenommen, daß der Globus aufrecht

oder doch senkrecht auf der Richtung zum Auge stehe. Nur so werden wir den Aequator oder vielmehr dessen vordere Hälfte als gerade Linie sehen. Ist dagegen die Kugel schief gegen jene Richtung gestellt, so daß wir etwa die Umgebungen des Südpols vollständig, aber die des Nordpols gar nicht sehen können, so erscheint die Mitte der vordern Aequatorhälfte nach Norden ausgebogen; nach Süden dagegen, wenn der Südpol von uns abgewandt ist. Das Gleiche gilt von den vordern Hälften der Parallelkreise. In ähnlicher Weise würde man von der Sonne aus nur am 20. März und 22. September, wenn nämlich die Erdaxe auf der Verbindungslinie des Erdmittelpunktes mit dem Sonnenmittelpunkt senkrecht steht, die vordern Hälften des Aequators und der Parallelkreise als gerade Linien sehen, oder vielmehr die Wolkenstreifen, welche dann in westöstlicher Richtung über der heißen Zone sich ausbreiten. Hat die nördliche Halbkugel Sommer, so ist der Nordpol zur Sonne hingewandt; der solare Beobachter sähe dann die Streifen nach Süden ausgebogen, und es wäre um den 21. Juni, wenn der Winkel der Erdaxe mit jener Verbindungslinie am schiefsten ist, die Ausbiegung am auffallendsten. Dagegen würden um Weihnachten, nämlich in der Mitte des Winterhalbjahres der Nordhalbkugel, die Parallelstreifen am stärksten nach Norden ausgebogen erscheinen. Wenn der Globus um seine Axe gedreht wird, während wir ihn aus weitem Abstande betrachten, so werden die einzelnen Punkte je nach der Stellung der Axe mehr oder weniger gebogene Linien beschreiben müssen. Aehnliches gilt also für die wirkliche Erde und den solaren Beobachter, oder auch für den Planeten Mars und den irdischen Beobachter.

Der aufmerksame Leser wird bereits herausgefunden haben, daß die Rotationsaxe des Jupiter auf seiner Bahnebene und darum auch auf der nur wenig dagegen geneigten Ebene der Erdbahn nahezu senkrecht steht, ja daß in unsern bisherigen Ausführungen einfach diese Annahme gemacht wurde. Unsere Bilder zeigen ja sämmtlich, daß die Parallelstreifen bei aller ihrer Unregelmäßigkeit doch im Ganzen sich der geraden Linie ziemlich gut anschmiegen. Dabei sehen wir aber auch, daß eine geringe Neigung des Jupiter-Aequators gegen seine Bahnebene sich aus den Streifen nicht direct würde bestimmen lassen und eben so wenig aus der Rotationsbewegung eines beliebigen Flecks; die Ausbiegung ist zu gering, um mit Erfolg gemessen zu werden. Ein anderes Verfahren ergäbe sich aus der Veränderlichkeit der scheinbaren Abplattung. Die Geringfügigkeit der Neigung überhaupt bringt es aber mit sich, daß die gemessenen Aenderungen nicht erheblich aus den Fehlergrenzen auch der bessern Beobachtungen heraustreten.

Es gibt nun eine indirecte Methode zur Bestimmung der Lage der

Jupiteraxe. Sie wird uns durch die vier Monde an die Hand gegeben, denen wir schon so manches für die Kenntniß ihres Centralkörpers wichtige Ergebniß verdanken. Nach Laplace ist es aus mechanischen Gründen wahrscheinlich, daß die sehr genau bekannten Bahnen der Satelliten nur wenig gegen den Aequator des stark abgeplatteten Jupiter geneigt sind. Der Umstand, daß auch ihre gegenseitige Neigung nur gering ist, bildet eine Stütze für diese Annahme. Am genauesten wird natürlich der dem Jupiter nächste Trabant sich der Aequatorebene des Planeten anschließen. Diese Erwägungen haben nun zu folgenden Schlüssen geführt: 1. Die Aequatorebene ist um etwa 3° gegen die Bahnebene des Planeten geneigt. 2. Wenn die heliocentrische Länge des Jupiter 225° beträgt, so ist der Nordpol von der Sonne am meisten abgewandt, d. h. es hat die Nordhalbkugel ihren kürzesten Tag. Hieraus ist leicht zu ersehen, daß dieselbe Halbkugel in 135° die Herbstnachtgleiche hat, in 45° den längsten Tag des Sommers und in 315° die Frühlingsnachtgleiche [57]). Für die Südhalbkugel sind längster und kürzester Tag, Frühling und Herbst gegen einander zu vertauschen.

In 45° Länge steht also für etwaige Zenopoliten [35]) die Sonne am nördlichsten, nämlich 3° nördlich vom Aequator, in 225° Länge am südlichsten, nämlich 3° südlich vom Aequator. Die Unterschiede sind, wie bereits angedeutet, nur gering und mit den gewaltigen Differenzen der Jahreszeiten auf der Erde, dem Mars oder gar dem Uranus nicht zu vergleichen. Dennoch ist es der Beobachtung möglich gewesen, die Sache zu bestätigen. Aus den früher [10]) mitgetheilten heliocentrischen Längen des Jupiter für 1892 läßt sich leicht ableiten, daß die 1889er Opposition in die Sommerzeit der Südhalbkugel des Planeten fiel; man braucht nur mit der bekannten Umlaufszeit des Planeten rückwärts zu rechnen, für jedes Jahr um etwas mehr als 30 Grad. Die bereits früher erwähnten vorzüglichen Jupiter-Zeichnungen, welche Keeler während jener Opposition an dem Sechsunddreißigzöller des Lick Observatory entworfen hat, lassen nun in der That eine schwache Einbiegung der Streifen nach N erkennen; man bedenke hierbei, daß im Ganzen der der Sonne zugewandte Pol auch der Erde zugewandt ist, und daß dieses zur Zeit der Conjunction und der Opposition besonders genau zutrifft. Die mit Hülfe der besten Instrumente beobachtete Gestalt der Streifen kann uns also die über die Lage der Rotationsaxe gemachte Annahme bestätigen, obgleich es nicht möglich sein würde, aus der Verbiegung die Axenlage selbständig zu bestimmen.

Auf den Jupiter kann die Sonnenstrahlung nicht in gleicher Stärke einwirken wie auf die Erde. Jupiter ist im Mittel 5,2 Mal so weit von der Sonne entfernt als unser Planet Da nun das Licht im Ver-

hältnisse des Quadrates der Entfernung an Stärke abnimmt, so ist es auf dem Jupiter im Verhältnisse $1 : (5{,}2 \times 5{,}2) = 1 : 27$ vermindert, und das Gleiche gilt von der Wärme.

Zu Anfang April und Anfang October ist die Erde in mittlerer Entfernung von der Sonne, während sie auf Neujahr im Perihel, zu Anfang Juli im Aphel ist. Da die Excentricität ihrer Bahn $^1/_{60}$ beträgt, so ist sie im Perihel um $^1/_{60}$ der mittlern Entfernung näher an die Sonne gerückt, im Aphel um denselben Betrag weiter von ihr entfernt. Beleuchtung und Erwärmung wachsen hierdurch um $^1/_{30}$ im Perihel und nehmen im Aphel um $^1/_{30}$ ab, gegen die entsprechenden Größen in der mittlern Entfernung [58]). Folglich wird im Perihel die Erde um $^2/_{30}$ oder $^1/_{15}$ stärker erwärmt als im Aphel. Daß dieser Unterschied gegen den aus der Stellung der Erdaxe hervorgehenden nahezu verschwindet, zeigt uns das Verhalten der nördlichen Erdhalbkugel: ihr Winter-Solstitium fällt nahezu mit der Sonnennähe zusammen. Doch hat man die in diesem Verhältnisse eintretenden Aenderungen mit mehr oder weniger Wahrscheinlichkeit für den Wechsel von Eiszeiten und Zwischeneiszeiten verantwortlich machen wollen [59]).

Auf dem Jupiter beträgt nun der Unterschied zwischen der Sonnenerwärmung im Perihel und in der mittlern Entfernung etwa $^1/_{10}$, da die Excentricität der Bahn, wie wir früher sahen, $^1/_{20}$ beträgt. Es scheint also den Zenopoliten die Sonne im Perihel ungefähr um $^1/_5$ wärmer als im Aphel, ein Unterschied, der unseres Erachtens doch wohl in Betracht kommen kann gegenüber der sehr geringen Wärmeschwankung zwischen N und S, die sich aus der Stellung der Rotationsaxe ergibt. Da das Perihel in 12° liegt und das Sommer-Solstitium der Nordhalbkugel in 45°, und da ferner im Perihel die Bewegung am schnellsten, im Aphel am langsamsten vor sich geht, so hat die nördliche Hemisphäre einen kurzen heißen Sommer und einen langen kalten Winter, die Südhalbkugel einen kurzen milden Winter und einen langen kühlen Sommer. Es scheint hiernach, daß der Einfluß der Sonne auf die sichtbaren Gebilde nicht sehr bedeutend ist. Denn man sollte hiernach für die Nordhalbkugel eine etwas größere Veränderlichkeit der Gebilde erwarten, während die Beobachtungen gerade für die Südhalbkugel diese größere Veränderlichkeit ergeben. Uebrigens darf man nicht vergessen, daß jede Jahreszeit des Jupiter beinahe dreien unserer Jahre gleich ist. In 90° Länge steht der Planet für die Bewohner der Nordhalbkugel der Erde, also für die meisten Beobachter, am günstigsten, in 270° am ungünstigsten. Bedenken wir nun, daß auch die fleißigsten Beobachter zur Zeit der Conjunction ihre Thätigkeit auf viele Wochen unterbrechen müssen, ganz abgesehen von der häufigen Ungunst des Wetters und der

allmonatlich [60]) eintretenden scheinbaren Nähe unseres Mondes, die gerade in der Opposition am ungünstigsten wirkt, weil es dann der Vollmond ist; bedenken wir außer diesen Unterbrechungen die mehr erwähnte Verschiedenheit der Instrumente und der Auffassung sowie der Zeichengewandtheit der einzelnen Beobachter, die zudem in sehr verschiedenen geographischen Breiten, d. h. bei sehr verschiedener scheinbarer Höhe des Gestirns gleichzeitig arbeiten müssen, so scheint es, daß die Frage nach dem Einfluß der Jahreszeiten auf Jupiter noch nicht spruchreif ist, daß erst allmälig aus vielen guten, vielleicht auch photographischen Darstellungen bestimmte Schlüsse gezogen werden dürfen.

In die meisten Partien der Wolkenhülle des Planeten scheint das Sonnenlicht nur wenig einzudringen. Ihre große Helligkeit spricht deutlich dafür; Jupiter scheint die größte Albedo unter allen Planeten zu besitzen, d. h. einen größern Procentsatz des Sonnenlichtes zurückzuwerfen als jeder andere Planet, wenn nicht Uranus ihn in diesem Punkte noch etwas übertrifft. Die Albedo des Mars ist derjenigen der Erde [61]) nahezu gleich, und beide sind noch nicht halb so groß wie die des Jupiter. Aber noch viel größer als die optische ist die chemische Albedo des Jupiter; d. h., dieser Planet wirft verhältnißmäßig noch viel mehr chemisch wirksame Strahlen zurück als optisch wirksame. „Jupiter erfordert zur Herstellung eines photographischen Bildes von bestimmter Intensität nur die Hälfte von der Zeit, welche ein Blatt sehr weißen Papiers unter denselben Beleuchtungsverhältnissen zur Erzeugung eines gleich intensiven Bildes gebrauchen würde“ [62]). Man hat sich das Papier in der Entfernung Jupiters von der Sonne beleuchtet zu denken. Unser Mond braucht unter der gleichen Annahme neun Mal mehr Zeit als Jupiter zur Herstellung eines Photogramms; ja, zwischen den hellen Zonen Jupiters und den Centraltheilen der sichtbaren Mondscheibe ergibt sich sogar das Verhältniß 1 : 27 für die photographische Expositionszeit. Ebenso auffallend sind die Zahlen, welche Lohse [63]) neuerdings erhalten hat. Während der Conjunction von Mars und Jupiter [64]) im October 1883 nahm er eine Reihe von Photographien beider Planeten auf. Es ergab sich, daß Jupiters chemische Albedo 24,4 Mal so groß ist als die des Mars, wenn man vom erstern Himmelskörper die Südhalbkugel untersucht; die Nordhalbkugel ist chemisch nur halb so hell als jene. Also eine neue und zwar sehr erhebliche Verschiedenheit der beiden Hemisphären!

Das Verhältniß der zurückgeworfenen Wärmestrahlen zu den empfangenen kann man als thermische Albedo bezeichnen. Neuere Bestimmungen dieser Größe für Jupiter sind uns nicht bekannt geworden. Man darf jedoch annehmen, daß sie ziemlich klein ist, da bereits

die optische Albedo sehr klein ist gegen die chemische, und die Wärmestrahlen noch mehr nach der minder brechbaren Seite des Spectrums verschoben sind als die Lichtstrahlen. Es würde also Jupiter — oder seine Atmosphäre — von der erhaltenen Sonnenwärme vielleicht nur einen kleinen Bruchtheil zurückstrahlen und das Meiste für sich behalten. Das spräche dann wieder für eine etwas größere Bedeutung der Sonnenwärme, wenigstens in den äußersten Schichten der Jupiters-Atmosphäre, die von der Eigenwärme des Planeten keinen großen Nutzen ziehen werden.

Die Bedeutung der Tageszeiten Jupiters ist am größten in der heißen Zone, d. h. in den äquatorealen Gegenden, wo die Sonne regelmäßig dem Zenith sehr nahe kommt. Da die gesammte Axendrehung sich in weniger als zehn unserer Stunden vollzieht, so ist in $2^1/_2$ Stunden — wenn man nicht eine sehr lange Dämmerung zuläßt — der Wechsel von „Paradieses-Helle und tiefer, schauervoller Nacht" vollzogen. Werden wir das Entstehen neuer Gebilde in Folge dieser täglichen Bewegung, analog unsern Hitzwolken, beobachten können? Leider fällt der Dämmerungsring, welcher die Tagseite des Planeten von seiner Nachtseite trennt, ungefähr zusammen mit dem trüben und verzerrten Rande der für uns sichtbaren Scheibe. Nur zur Zeit der Quadraturen, wo der Dämmerungs-Meridian mit dem Rand-Meridian einen merklichen Winkel macht, wird man vom Morgen zum Mittag oder vom Mittag zum Abend einer bestimmten Gegend des Planeten die Veränderlichkeit der Gebilde etwas länger verfolgen können.

Die Geringfügigkeit des Einflusses der Sonnenwärme gegenüber der bedeutenden Eigenwärme des Planeten läßt nun einen Gedanken als discutabel erscheinen, der im ersten Augenblick etwas Abenteuerliches hat. Der Einfluß unseres Mondes auf das irdische Wetter ist der Gegenstand regelmäßiger Uebertreibungen von Seiten des Volksglaubens nicht minder als der Speculation gewisser Halbgelehrten. Dagegen glauben einige wirkliche Forscher eine Wirkung unseres Trabanten herausgefunden zu haben, die man am wenigsten erwarten sollte. Obgleich sehr gering, ist die Wärmestrahlung des Mondes ihrem Betrage nach durch Anwendung der thermo-elektrischen Säule ziemlich sicher ermittelt worden. Der Vollmond ist (nach dem Earl of Rosse) thermisch etwa 80000 Mal schwächer als die Sonne; in seinen Wärmestrahlen ist vielleicht ein wenig vom eigenen Capital enthalten, aber der größte Theil ist jedenfalls erborgte Sonnenwärme [65]). Indem nun diese geringe Summe von eigener und entliehener Wärme in hellen Mondnächten die Erde trifft, übt sie, wie es scheint, eine auflösende Wirkung auf die Wolkenhülle des Erdballs aus. Wenn aber die schützenden Wolken zerstört sind, dann geht die Wärme des Erdbodens desto leichter an den kalten Welt- ver-

loren. Der endliche Effect der Wärmestrahlen des Mondes ist also eine Abkühlung derjenigen Gegenden, welche ihn ganz oder nahezu im Zenith haben. Die Abkühlung würde sich in einem von jenen Gegenden ausgehenden Winddrucke äußern, wenn sie groß genug wäre [66]).

Haben wir auf dem Jupiter eine Wiederholung dieses wirklichen oder vermutheten Experimentes der Natur zu beobachten? Wir haben die gegründete Vermuthung, daß die bedeutende Eigenwärme des riesigen Planeten ihn mit einer dichten Wolkenhülle umgibt, die nur hier und da zerrissen ist. Nach außen sind die Wolken glänzend weiß, aber eisig kalt; nach ihrer dunkeln Innenseite hin werden sie allmälig wärmer. Es wird den Sonnenstrahlen nicht leicht gelingen, den Mantel zu durchbrechen und auf die Planeten-Oberfläche selbst einzuwirken, nach Art der irdischen Verhältnisse. Allerdings dürfen wir uns die Stärke der Sonnenstrahlung im Zenith nicht zu klein vorstellen. Es ist $^1/_{27}$ der Zenithstrahlung an der Erdoberfläche — entsprechend einer Sonnenhöhe von etwas mehr als 2^0 für einen irdischen Beobachter, abgesehen von Strahlenbrechung und Absorption. Aber nur kurze Zeit und nur für einen schmalen Gürtel des Planeten ist die Sonne dem Zenith nahe.

Anstatt also, wie bei uns, erst die feste Oberfläche und dann von dieser aus das Luftmeer zu erwärmen, muß die Sonne sich auf dem Jupiter mit der Zertheilung der obersten Wolken begnügen. Es scheint, daß hierdurch die Abkühlung der bloßgelegten tiefern Schichten gegen den Weltraum begünstigt wird. Welche Folgen würde das haben?

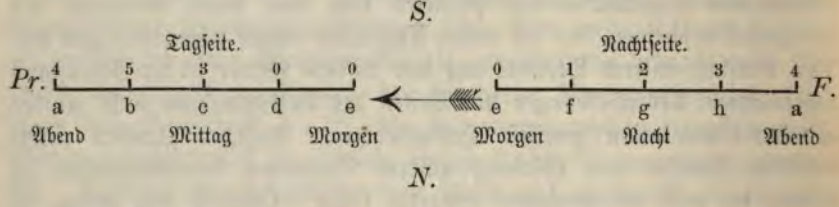


Fig. 8. Schematische Darstellung der erleuchteten und der unerleuchteten Halbkugel Jupiters.

In der vorstehenden Figur bezeichnen die wagerechten Linien a e und e a die erleuchtete und die dunkele Hälfte des Jupiter-Aequators, Pr und F, wie in den andern Bildern, die präcedirende und die nachfolgende Seite. Mit Absicht haben wir den Anblick im umkehrenden Fernrohr (Pr links, N unten) gewählt, um die Uebereinstimmung mit jenen Bildern herzustellen. Der Pfeil gibt zum Ueberfluß die Rotationsrichtung an. Der Punkt a, welcher Abend hat, ist im Begriff, von der

Tagseite auf die Nachtseite überzugehen, erscheint daher auf beiden Seiten; ebenso der Punkt e, welcher die Sonne aufgehen sieht, d. h. von der Nachtseite auf die Tagseite übergeht. In der Mitte der erleuchteten bezw. unerleuchteten Seite stehen c und g, die Mittag bezw. Mitternacht haben.

Die größte Sonnenwirkung findet also in c statt. Nehmen wir aber an, daß die Wolkenzerstreuung und Abkühlung einige Zeit braucht, so dürfte vielleicht b, der Nachmittagspunkt, als derjenige anzusehen sein, wo die etwas tiefern Luftschichten am meisten abgekühlt sind. Der Abendpunkt a ist bereits wärmer, da wegen der sehr verminderten Kraft der tiefstehenden Sonne die vorher zerstreuten obersten Wolken sich wieder zusammenzuziehen begonnen haben. Alle Punkte, die in der Axendrehung noch weiter voraus sind, müssen noch wärmer als a sein; also h der Spätabendspunkt; g der Mitternachtspunkt; f der Frühmorgenspunkt; e der Morgenpunkt. Vielleicht beginnt erst in dem Vormittagspunkte d die wolkenzerstreuende Kraft der Sonne sich wieder zu regen, um über b nach c anzuschwellen. Wir haben also in einem bestimmten Niveau der Luftschichten in d den wärmsten, in b den kältesten Punkt; d. h., es liegen diese Punkte nicht, wie man zuerst denken möchte, einander gegenüber, sondern ziemlich nahe zusammen. Aehnlich ist es bei der von der Sonne erleuchteten Erde, nur daß hier, wie man weiß, in der Nähe des Morgenpunktes (zwischen d und e) der kälteste, in der Nähe des Mittagspunktes (zwischen b und c) der wärmste Fleck liegt — rein geometrisch gesprochen und abgesehen von Land und Wasser, Berg und Thal und der Atmosphäre.

Drücken wir durch die Ziffern 0, 1, 2, 3, 4, 5 eine Reihe von sechs verschiedenen Barometerständen aus, so können wir durch die in der Figur angedeutete Vertheilung der Ziffern uns eine genäherte Vorstellung von den Luftdruckverhältnissen am Jupiter-Aequator bilden. Wir sehen dann, daß auf der kurzen Strecke b c d eine heftige Strömung gegen die Rotation stattfindet, auf der viel längern Strecke b a h g f e eine schwächere Strömung mit der Rotation. Bei der geringen Neigung der Axe gegen die Bahnebene werden in allen Parallelkreisen ähnliche Verhältnisse herrschen, natürlich nimmt die Stärke der Strömungen sehr rasch ab.

Sind durch diese Strömungen erst viele atmosphärische Gebilde in Bewegung gesetzt, so werden sie die Bewegung nicht ohne Weiteres einstellen und zur entgegengesetzten übergehen. Es wird zwischen den beiden Winden, nämlich dem auf ein kurzes Gebiet beschränkten heftigen Sturm, der gegen die Rotationsrichtung, und dem auf einem weitern Gebiete wehenden schwächern Winde, der mit dieser Richtung geht, eine Art

Ausgleich stattfinden. Der Ausgleich wird sich, wie uns scheint, zu Gunsten des schwächern, jedoch über ein viel größeres Gebiet ausgebreiteten Rotationsstromes vollziehen. Die Betrachtung, daß der stärkere Gegenstrom durch Umsetzen in verticale Bewegung viel an Kraft einbüßt, scheint diese Annahme stützen zu wollen.

Da nun die gesammte Strömung vom Aequator nach den höhern Breiten hin an Kraft schnell abnimmt, und zwar wegen des niedrigern Sonnenstandes, so scheint im Ganzen eine äquatoreale Beschleunigung in einer gewissen Höhe über der Oberfläche übrig zu bleiben. Es verdient bemerkt zu werden, daß die heiße Zone des Erdballes im Gegensatze dazu eine äquatorische Verzögerung gewisser Luftschichten erfährt. Die von den mittlern Breiten zum Aequator wehenden Passatwinde gehen in der nördlichen Hälfte von NE nach SW, in der südlichen von SE nach NW, und am Aequator, oder vielmehr in der Zone der augenblicklichen größten Erwärmung, bleibt als Resultat eine von E nach W gehende Strömung, die also der Rotation entgegengesetzt ist.

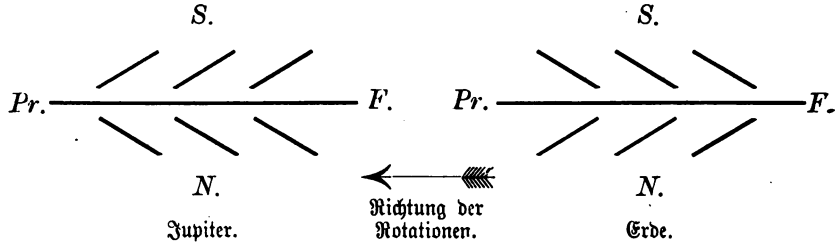


Fig. 9. Darstellung der von Terby angegebenen Structur des Aequatorealstreifen Jupiters (schematisirt nach Terby, Bull. de l'acad. royale de Belg., 3. série, t. XVIII, no. 12, 1889) und des Verlaufes der irdischen Passatwinde.

Die rechte Seite der obenstehenden Figur soll diesen Verlauf der Passatwinde andeuten; man denke sich den Beobachter entweder auf der Südhalbkugel eines andern Planeten stehend, oder mit umkehrendem Fernrohr auf der Nordhalbkugel.

Nun hat Terby ein merkwürdiges Gefüge in dem Aequatorealstreifen Jupiters entdeckt, indem die in schwächern Fernrohren als einfache Striche erscheinenden Streifen wirklich durch Uebereinanderlagerung schräg liegender

Fig. 10. Gefüge der Aequatorealstreifen (in *N*) nach Terby. (Schematisch.)

Balken entstehen sollen. Das Gefüge soll noch etwas verwickelter sein. Die Balken sind auf jeder Halbkugel äquatorwärts nach der Pr-Seite gerichtet, nicht, wie die irdischen Passatwinde, nach der F-Seite. Die linke Hälfte der Figur 9 soll diese Anordnung verdeutlichen. Terby bemerkt zu seiner Zeichnung: „Welchen Sinn kann diese sonderbare Anordnung haben? An eine Erklärung durch Ströme in der Art der irdischen Passatwinde ist nicht zu denken; denn die Richtung ist hier durchaus verschieden; statt einer nach Westen gerichteten Verzögerung[67]) haben wir hier eine nach Osten[68]) gerichtete Beschleunigung in der Nähe des Aequators." (Terby an der bei Erklärung der Figur genannten Stelle.)

Da nun durch die wolkenauflösende Kraft der Sonnenwärme in der vorhin geschilderten Art möglicher Weise ein äquatorealer Strom in der Rotationsrichtung erzeugt wird, so wäre es nicht undenkbar, daß hierdurch die Structur der Wolken erklärt werden könnte. „Wenn man sich," sagt Terby, „nicht an andern Schwierigkeiten stieße, möchte man zu sehen glauben, wie die äquatoreale Strömung des Planeten vermöge ihrer großen Geschwindigkeit und durch eine Art aufsaugender Wirkung, in ihrem Gefolge zahlreiche Strömungen von beiden Halbkugeln herbeizieht." (A. a. O.) Uebrigens ist Terby's Zeichnung noch der Gegenstand von Meinungsverschiedenheiten.

Die bedeutende Abnahme der Schwerkraft vom Aequator des Planeten nach seinen Polen hin wird vielleicht auch zur Erklärung verschiedener Phänomene herangezogen werden können. Die Atmosphäre wird dieser Abnahme zufolge in ganz bestimmten Niveauflächen sich um die feste Kugel legen, und die statischen Bedingungen für das Vorhandensein tropfbarflüssiger oder wolkenähnlicher Gebilde in bestimmten Höhen über der festen Oberfläche sind jedenfalls in den verschiedenen Breiten durchaus verschieden. Vielleicht kann hierdurch, in Verbindung mit der Theorie der Wärmegürtel und der Gezeiten, dereinst das ganze System von Streifen in gewissem Umfange mathematisch erklärt werden. Daß die schnelle Rotation das Bestreben hat, alle entstehenden Gebilde in der Richtung der Parallelkreise zu verlängern, wurde bereits hervorgehoben[69]).

Sonnenflecken. Haben wir nun von dem Wenigen, das sich über die Einflüsse der Eigenwärme und der Sonnenwärme vermuthen läßt, etwas mitgetheilt, auch die Jahreszeitenfrage gestreift, so erübrigt nach dem zu Anfang dieses Capitels aufgestellten Plane noch die Besprechung von zwei andern Factoren, die hier auf Erden die Bewegungen der Atmosphäre und der Hydrosphäre bestimmen. Es ist die Periodicität der Sonnenflecken und die Mondbewegung. Die fleckenbildende Thätigkeit des Tagesgestirns ist bekanntlich an eine etwas mehr als elfjährige

Periode gebunden. Man hat den Einfluß dieser Periode auf die verschiedensten Wettererscheinungen der Erde untersucht, selbst die jährlichen Wein- und Kornpreise zum Vergleiche herangezogen und jedenfalls mit Sicherheit erwiesen, daß die elektrische und magnetische Thätigkeit des von uns bewohnten Planeten in hohem Grade von der Fleckenperiode abhängt. Man hat weiterhin den Einfluß dieser Periode auf die Häufigkeit der Kometen untersucht, und so hat es denn auch nicht an Solchen gefehlt, die einem Einflusse auf die Jupiter-Phänomene das Wort redeten. Ohne die Möglichkeit dieses Einflusses auch in so weiter Ferne bestreiten zu wollen, möchten wir doch darauf hinweisen, daß die Fleckenperiode etwas mehr als elf Jahre und die Umlaufszeit des Planeten etwas weniger als zwölf Jahre beträgt, und daß ferner aus der ein wenig schiefen Axenlage des Planeten und vielleicht noch mehr aus seiner wechselnden Entfernung von der Sonne ein zwar nicht sehr großer, aber doch auch nicht ganz zu übersehender Unterschied der Jahreszeiten sich ergibt. Es ist die Frage, ob die Sonnenflecken einen stärkern Wechsel hervorrufen. Hätte nun Jemand während zehn oder selbst zwanzig Jahren mit einem und demselben guten Fernrohr den Jupiter regelmäßig studirt, so würde es ihm doch noch nicht möglich sein, die Wirkungen der elfjährigen Fleckenperiode, wenn sie überhaupt erkennbar sind, von denen des zwölfjährigen Umlaufes zu trennen; ganz abzusehen von dem Umstande, daß Jupiter während jedes Umlaufes für einen bestimmten Beobachter einmal in die günstigste, ein anderes Mal in die ungünstigste Stellung gelangt, so daß die Wirkungen beider Factoren sich mit denen eines dritten vermengen. Zwanzig Jahre bedeuten aber in unserm Jahrhundert für die Verbesserung der Instrumente einen gewaltig großen Zeitraum. Daher kommt es uns nicht sehr wahrscheinlich vor, daß eine Wirkung der Fleckenperiode auf Jupiter bald entdeckt werden wird, und theoretisch wird sie sich nur schwer von der Wirkung der Jahreszeiten trennen lassen. Möglichenfalls wird man später, bei vervollkommneten photographischen Methoden, aus einem über sehr lange Zeiträume sich erstreckenden Archiv entnehmen können, welche verschiedenen Phänomene das Zusammenfallen der einzelnen Jahreszeiten Jupiters mit dem Maximum der Sonnenflecken zu Wege bringt. Es muß ja, weil die eine Periode doch etwas länger als die andere ist, das Maximum in großen Zeiträumen abwechselnd mit dem Perihel, den übrigen Punkten und dem Aphel zusammenfallen. Gegenwärtig, wo man, um das Archiv über mehrere Jahrzehnte zu erstrecken, die Zeichnungen der verschiedensten Beobachter und Instrumente zusammenraffen und alle oftерwähnten Fehlerquellen in den Kauf nehmen muß, ist an die Anwendung dieser Betrachtungsweise nicht zu denken. Noch weniger kann man sich mit der hin und wieder ausgesprochenen

Vermuthung befreunden, daß die anziehende Kraft des Jupiter die Urſache der Sonnenflecken ſei und daß hierdurch die Aehnlichkeit der beiden Perioden erklärt werden könne.

Gezeiten. Der Umlauf des Mondes um die Erde bringt die merkwürdige und für den menſchlichen Verkehr höchſt wichtige Erſcheinung der Gezeiten zuwege. Faſſen wir in einem beſtimmten Augenblicke denjenigen Punkt des Erdballs in's Auge, welcher dem Monde gerade zugewendet iſt. Seine Anwohner ſehen den Mond in ihrem Zenith, wir wollen ihn darum den Zenithpunkt nennen, und den entgegengeſetzten, vom Monde abgewandten den Nadirpunkt. Zwiſchen beiden in gleichem Abſtande ziehen wir um die Erde einen Hauptkreis, den Horizontalkreis. Die Anwohner dieſes Kreiſes ſehen den Mond in ihrem Horizont. Die Anziehung des Trabanten auf die flüſſige Hülle des Erdballs, auf die Hydroſphäre, bewirkt ein Anſchwellen der Gewäſſer nach den Zenithpunkte und ein Zurückbleiben nach dem Nadirpunkte hin, alſo eine Fluthwelle an beiden Punkten, während auf dem ganzen Horizontalkreiſe Ebbe eintritt.

Nun dreht ſich die Erde um ihre Axe von Weſten nach Oſten, es bekommen alſo immer weſtlichere Punkte den Mond in ihr Zenith, d. h. die beiden Fluthwellen wandern in weſtlicher Richtung, gegen den Sinn der Rotation, um den Erdball. Sie brauchen dazu etwas (50 m) mehr als 24 Stunden, weil der Mond in 27 1/3 Tag die Erde umläuft, alſo nicht nach 24 Stunden, ſondern (durchſchnittlich) erſt nach 24 h 50 m wieder in das Zenith deſſelben Ortes gelangt.

Die Stärke der Fluthen rührt daher, daß die drei Gebiete: Zenithpunkt, Horizontalkreis, Nadirpunkt, verſchiedene Entfernung vom Monde haben, alſo mit verſchiedener Stärke von ihm angezogen werden. Die Kraft iſt ſo bedeutend, daß vielleicht auch die feſte Hülle des Erdballs ein wenig in der Verbindungslinie des Zenithpunktes und Nadirpunktes anſchwillt. Die Fluth iſt im Stande, Felſen zu zernagen und große Schiffe in die Flüſſe hinaufzuſchleppen.

Auch die Sonne bewirkt eine ähnliche, obgleich ſchwächere Gezeitenbewegung. Obwohl nämlich ihre Maſſe erheblich größer als die des Mondes iſt, fallen doch die Anziehungs-Differenzen für Zenith- und Nadirpunkt bei der großen Entfernung der Sonne ſehr gering aus. Die flutherzeugende Kraft der Sonne beträgt daher nur 0,4 von der des Mondes; beide Kräfte addiren ſich bei Neumond und Vollmond, wodurch dann ſehr mächtige Gezeiten hervorgerufen werden; in den Vierteln fällt dagegen die Mondfluth mit der Sonnenebbe zuſammen, ſo daß von erſterer nur wenig übrig bleibt.

Auf dem Jupiter hätten wir zuerſt die Wirkung des innerſten

Mondes zu betrachten. Seine Masse beträgt den 200. Theil der Erdmasse, während die unseres Mondes achtzig Mal in der Erdmasse enthalten ist. Nun ist der innerste Jupitersmond nur wenig weiter von seinem Centralkörper entfernt, als unser Mond von der Erde.

Seine Anziehung erscheint also etwa im Verhältnisse seiner Masse, 80 : 200 = 2 : 5, vermindert. Anderseits fallen die Anziehungs-Differenzen wieder etwas größer aus, weil der (äquatoreale) Durchmesser Jupiters elf Mal größer als der der Erde, der Zenithpunkt also elf Mal weiter als bei uns vom Nadirpunkte entfernt ist. Die größere Schwere der flüssigen und luftförmigen Hülle des mächtigsten aller Planeten wirkt wieder im Sinne einer Herabstimmung, und dasselbe wird sich von der ungemein schnellen Rotation sagen lassen, die das Zustandekommen der Fluthwelle erschwert. Allerdings hat der schnelle Umlauf des innersten Jupitersmondes zur Folge, daß er nicht in 10^h, sondern erst etwa in 14^h zu demselben Meridian des Planeten zurückkehrt. Aber selbst das ist im Vergleich zu $24^h\ 50^m$ eine kurze Frist. Nehmen wir alles zusammen, so dürfen wir vielleicht sagen, daß die fluthbildenden Kräfte auf dem Jupiter von derselben Größen*ordnung* sind wie auf der Erde, sich also mit diesen noch wohl vergleichen lassen.

Wegen der größern Entfernung des zweiten Satelliten sind die von diesem hervorgerufenen Gezeiten trotz der größern Masse etwa 3 Mal geringer als bei dem innersten Monde. Sind, vom Jupiter aus gesehen, die beiden Trabanten in Conjunction oder auch in Opposition miteinander, so dürfen wir an einen Vergleich mit unsern Neumonds- oder Vollmondsfluthen denken. Wenn dagegen die Linien, welche man von den beiden Monden nach dem Mittelpunkt Jupiters gezogen denken kann, sich rechtwinkelig schneiden, so erinnern sie vielleicht an unsere Nippfluthen im ersten oder letzten Viertel. Nun beträgt die Umlaufszeit des zweiten Mondes ziemlich genau das Doppelte von der des ersten. Daraus läßt sich leicht ableiten, daß, während jener, d. h. während etwas mehr als $3^1/_2$ unserer Tage oder $8^1/_2$ Jupiterstagen, zwei Mal Nippfluth und zwei Mal Springfluth eintritt, — wenn man nur auf die beiden innern Monde Rücksicht nimmt.

Nun will aber der Zufall, daß der dritte Mond eine fast eben so starke Fluth erzeugt wie der zweite. Obgleich nämlich wieder etwas weiter als dieser vom Centrum entfernt und daher 4 Mal schwächere Anziehungs-Differenzen als dieser hervorrufend, ist er doch an Masse 3,81 Mal größer; der Unterschied wird also nahezu ausgeglichen. Bedenken wir nun noch, daß die vom vierten Monde bewirkten Gezeiten jedenfalls sehr unbedeutend sind, nämlich über 10 Mal schwächer als die des viel nähern und mehr als doppelt so massenhaften dritten, und daß

die Fluthen, welche die sehr weit entfernte Sonne bewirkt, gleichfalls höchst unbedeutend sind, so erkennen wir, daß die gegenseitige Stellung der drei innern Trabanten für den Gezeitenverlauf maßgebend ist.

Wie wir aber früher[36]) sahen, sind diese drei Gestirne durch ein merkwürdiges Bewegungsgesetz miteinander in Connex gebracht. Sie können hiernach, vom Centralkörper aus gesehen, niemals alle drei in derselben Richtung stehen, also z. B. auch nicht alle gleichzeitig verfinstert werden. Wohl aber bringt Laplace's Regel es mit sich, daß der erste den beiden andern genau opponirt ist, wenn diese miteinander in Conjunction stehen[70]). Es wirken dann momentan alle drei zur Erzeugung einer starken Fluthwelle zusammen, indem die Zenithfluthen des einen mit den Nadirfluthen der beiden andern sich verbinden. Ohne auf die andern möglichen Combinationen einzugehen, die der kundige Leser leicht selbst untersuchen wird, möchten wir doch aussprechen, daß die vereinte Thätigkeit aller drei Gestirne vielleicht noch am ersten in ihrer Wirkung auf die Oberflächengebilde des mächtigen Himmelskörpers untersucht zu werden verdient.

Da, wie wir früher sahen, die Bahnen aller vier Monde ziemlich genau in der Ebene des Jupiter-Aequators liegen, so bewegen die verschiedenen Zenith- und Nadirpunkte sich stets im Aequator. Das ist ein Unterschied gegen die irdischen Verhältnisse, wo die Sonnenfluth das weite Gebiet zwischen beiden Wendekreisen zur Verfügung hat und die vom Monde bewirkten Gezeiten wegen der schiefen Stellung der Bahn dieses Himmelskörpers eine noch größere Fläche, etwa die Hälfte vom ganzen Areal der Erde, zur Verfügung haben. Es werden also auf Jupiter die etwa von den Monden bewirkten oberflächlichen Aenderungen sich sowohl mit den von der Sonnenstrahlung als auch mit den von der veränderlichen Schwerkraft herrührenden vermengen; natürlich auch mit den Effecten der raschen Axendrehung, die alles Entstehende in westöstlicher Richtung zu verlängern bestrebt ist.

Es ist möglich, ja wahrscheinlich, daß die Fluthwirkungen in sehr vielen Fällen verschwindend gering sind. Sie werden aber manchmal, wenn ein Effect zum andern kommt, doch sich bemerkbar machen können. Damit wollen wir denn auch unsere vergleichende Besprechung der irdischen Wettererscheinungen und der Jupiters-Phänomene schließen und nun zu den Ansichten verschiedener Forscher über die Beschaffenheit des Planeten übergehen.

Mondes zu betrachten. Seine Masse beträgt den 200. Theil der Erdmasse, während die unseres Mondes achtzig Mal in der Erdmasse enthalten ist. Nun ist der innerste Jupitersmond nur wenig weiter von seinem Centralkörper entfernt, als unser Mond von der Erde.

Seine Anziehung erscheint also etwa im Verhältnisse seiner Masse, 80 : 200 = 2 : 5, vermindert. Anderseits fallen die Anziehungs-Differenzen wieder etwas größer aus, weil der (äquatoreale) Durchmesser Jupiters elf Mal größer als der der Erde, der Zenithpunkt also elf Mal weiter als bei uns vom Nadirpunkte entfernt ist. Die größere Schwere der flüssigen und luftförmigen Hülle des mächtigsten aller Planeten wirkt wieder im Sinne einer Herabstimmung, und dasselbe wird sich von der ungemein schnellen Rotation sagen lassen, die das Zustandekommen der Fluthwelle erschwert. Allerdings hat der schnelle Umlauf des innersten Jupitersmondes zur Folge, daß er nicht in 10^h, sondern erst etwa in 14^h zu demselben Meridian des Planeten zurückkehrt. Aber selbst das ist im Vergleich zu $24^h\ 50^m$ eine kurze Frist. Nehmen wir alles zusammen, so dürfen wir vielleicht sagen, daß die fluthbildenden Kräfte auf dem Jupiter von derselben Größen*ordnung* sind wie auf der Erde, sich also mit diesen noch wohl vergleichen lassen.

Wegen der größern Entfernung des zweiten Satelliten sind die von diesem hervorgerufenen Gezeiten trotz der größern Masse etwa 3 Mal geringer als bei dem innersten Monde. Sind, vom Jupiter aus gesehen, die beiden Trabanten in Conjunction oder auch in Opposition miteinander, so dürfen wir an einen Vergleich mit unsern Neumonds- oder Vollmondsfluthen denken. Wenn dagegen die Linien, welche man von den beiden Monden nach dem Mittelpunkt Jupiters gezogen denken kann, sich rechtwinkelig schneiden, so erinnern sie vielleicht an unsere Nippfluthen im ersten oder letzten Viertel. Nun beträgt die Umlaufszeit des zweiten Mondes ziemlich genau das Doppelte von der des ersten. Daraus läßt sich leicht ableiten, daß, während jener, d. h. während etwas mehr als $3\frac{1}{2}$ unserer Tage oder $8\frac{1}{2}$ Jupierstagen, zwei Mal Nippfluth und zwei Mal Springfluth eintritt, — wenn man nur auf die beiden innern Monde Rücksicht nimmt.

Nun will aber der Zufall, daß der dritte Mond eine fast eben so starke Fluth erzeugt wie der zweite. Obgleich nämlich wieder etwas weiter als dieser vom Centrum entfernt und daher 4 Mal schwächere Anziehungs-Differenzen als dieser hervorrufend, ist er doch an Masse 3,81 Mal größer; der Unterschied wird also nahezu ausgeglichen. Bedenken wir nun noch, daß die vom vierten Monde bewirkten Gezeiten jedenfalls sehr unbedeutend sind, nämlich über 10 Mal schwächer als die des viel nähern und mehr als doppelt so massenhaften dritten, und daß

die Fluthen, welche die sehr weit entfernte Sonne bewirkt, gleichfalls höchst unbedeutend sind, so erkennen wir, daß die gegenseitige Stellung der drei innern Trabanten für den Gezeitenverlauf maßgebend ist.

Wie wir aber früher[36]) sahen, sind diese drei Gestirne durch ein merkwürdiges Bewegungsgesetz miteinander in Connex gebracht. Sie können hiernach, vom Centralkörper aus gesehen, niemals alle drei in derselben Richtung stehen, also z. B. auch nicht alle gleichzeitig verfinstert werden. Wohl aber bringt Laplace's Regel es mit sich, daß der erste den beiden andern genau opponirt ist, wenn diese miteinander in Conjunction stehen[70]). Es wirken dann momentan alle drei zur Erzeugung einer starken Fluthwelle zusammen, indem die Zenithfluthen des einen mit den Nadirfluthen der beiden andern sich verbinden. Ohne auf die andern möglichen Combinationen einzugehen, die der kundige Leser leicht selbst untersuchen wird, möchten wir doch aussprechen, daß die vereinte Thätigkeit aller drei Gestirne vielleicht noch am ersten in ihrer Wirkung auf die Oberflächengebilde des mächtigen Himmelskörpers untersucht zu werden verdient.

Da, wie wir früher sahen, die Bahnen aller vier Monde ziemlich genau in der Ebene des Jupiter-Aequators liegen, so bewegen die verschiedenen Zenith- und Nadirpunkte sich stets im Aequator. Das ist ein Unterschied gegen die irdischen Verhältnisse, wo die Sonnenfluth das weite Gebiet zwischen beiden Wendekreisen zur Verfügung hat und die vom Monde bewirkten Gezeiten wegen der schiefen Stellung der Bahn dieses Himmelskörpers eine noch größere Fläche, etwa die Hälfte vom ganzen Areal der Erde, zur Verfügung haben. Es werden also auf Jupiter die etwa von den Monden bewirkten oberflächlichen Aenderungen sich sowohl mit den von der Sonnenstrahlung als auch mit den von der veränderlichen Schwerkraft herrührenden vermengen; natürlich auch mit den Effecten der raschen Axendrehung, die alles Entstehende in westöstlicher Richtung zu verlängern bestrebt ist.

Es ist möglich, ja wahrscheinlich, daß die Fluthwirkungen in sehr vielen Fällen verschwindend gering sind. Sie werden aber manchmal, wenn ein Effect zum andern kommt, doch sich bemerkbar machen können. Damit wollen wir denn auch unsere vergleichende Besprechung der irdischen Wettererscheinungen und der Jupiters-Phänomene schließen und nun zu den Ansichten verschiedener Forscher über die Beschaffenheit des Planeten übergehen.

Mondes zu betrachten. Seine Masse beträgt den 200. Theil der Erdmasse, während die unseres Mondes achtzig Mal in der Erdmasse enthalten ist. Nun ist der innerste Jupitersmond nur wenig weiter von seinem Centralkörper entfernt, als unser Mond von der Erde.

Seine Anziehung erscheint also etwa im Verhältnisse seiner Masse, $80 : 200 = 2 : 5$, vermindert. Anderseits fallen die Anziehungs-Differenzen wieder etwas größer aus, weil der (äquatoreale) Durchmesser Jupiters elf Mal größer als der der Erde, der Zenithpunkt also elf Mal weiter als bei uns vom Nadirpunkte entfernt ist. Die größere Schwere der flüssigen und luftförmigen Hülle des mächtigsten aller Planeten wirkt wieder im Sinne einer Herabstimmung, und dasselbe wird sich von der ungemein schnellen Rotation sagen lassen, die das Zustandekommen der Fluthwelle erschwert. Allerdings hat der schnelle Umlauf des innersten Jupitersmondes zur Folge, daß er nicht in 10^h, sondern erst etwa in 14^h zu demselben Meridian des Planeten zurückkehrt. Aber selbst das ist im Vergleich zu $24^h\ 50^m$ eine kurze Frist. Nehmen wir alles zusammen, so dürfen wir vielleicht sagen, daß die fluthbildenden Kräfte auf dem Jupiter von derselben Größen*ordnung* sind wie auf der Erde, sich also mit diesen noch wohl vergleichen lassen.

Wegen der größern Entfernung des zweiten Satelliten sind die von diesem hervorgerufenen Gezeiten trotz der größern Masse etwa 3 Mal geringer als bei dem innersten Monde. Sind, vom Jupiter aus gesehen, die beiden Trabanten in Conjunction oder auch in Opposition miteinander, so dürfen wir an einen Vergleich mit unsern Neumonds- oder Vollmondsfluthen denken. Wenn dagegen die Linien, welche man von den beiden Monden nach dem Mittelpunkt Jupiters gezogen denken kann, sich rechtwinkelig schneiden, so erinnern sie vielleicht an unsere Nippfluthen im ersten oder letzten Viertel. Nun beträgt die Umlaufszeit des zweiten Mondes ziemlich genau das Doppelte von der des ersten. Daraus läßt sich leicht ableiten, daß, während jener, d. h. während etwas mehr als $3\frac{1}{2}$ unserer Tage oder $8\frac{1}{2}$ Jupiterstagen, zwei Mal Nippfluth und zwei Mal Springfluth eintritt, — wenn man nur auf die beiden innern Monde Rücksicht nimmt.

Nun will aber der Zufall, daß der dritte Mond eine fast eben so starke Fluth erzeugt wie der zweite. Obgleich nämlich wieder etwas weiter als dieser vom Centrum entfernt und daher 4 Mal schwächere Anziehungs-Differenzen als dieser hervorrufend, ist er doch an Masse 3,81 Mal größer; der Unterschied wird also nahezu ausgeglichen. Bedenken wir nun noch, daß die vom vierten Monde bewirkten Gezeiten jedenfalls sehr unbedeutend sind, nämlich über 10 Mal schwächer als die des viel nähern und mehr als doppelt so massenhaften dritten, und daß

die Fluthen, welche die sehr weit entfernte Sonne bewirkt, gleichfalls höchst unbedeutend sind, so erkennen wir, daß die gegenseitige Stellung der drei innern Trabanten für den Gezeitenverlauf maßgebend ist.

Wie wir aber früher[36]) sahen, sind diese drei Gestirne durch ein merkwürdiges Bewegungsgesetz miteinander in Connex gebracht. Sie können hiernach, vom Centralkörper aus gesehen, niemals alle drei in derselben Richtung stehen, also z. B. auch nicht alle gleichzeitig verfinstert werden. Wohl aber bringt Laplace's Regel es mit sich, daß der erste den beiden andern genau opponirt ist, wenn diese miteinander in Conjunction stehen[70]). Es wirken dann momentan alle drei zur Erzeugung einer starken Fluthwelle zusammen, indem die Zenithfluthen des einen mit den Nadirfluthen der beiden andern sich verbinden. Ohne auf die andern möglichen Combinationen einzugehen, die der kundige Leser leicht selbst untersuchen wird, möchten wir doch aussprechen, daß die vereinte Thätigkeit aller drei Gestirne vielleicht noch am ersten in ihrer Wirkung auf die Oberflächengebilde des mächtigen Himmelskörpers untersucht zu werden verdient.

Da, wie wir früher sahen, die Bahnen aller vier Monde ziemlich genau in der Ebene des Jupiter-Aequators liegen, so bewegen die verschiedenen Zenith- und Nadirpunkte sich stets im Aequator. Das ist ein Unterschied gegen die irdischen Verhältnisse, wo die Sonnenfluth das weite Gebiet zwischen beiden Wendekreisen zur Verfügung hat und die vom Monde bewirkten Gezeiten wegen der schiefen Stellung der Bahn dieses Himmelskörpers eine noch größere Fläche, etwa die Hälfte vom ganzen Areal der Erde, zur Verfügung haben. Es werden also auf Jupiter die etwa von den Monden bewirkten oberflächlichen Aenderungen sich sowohl mit den von der Sonnenstrahlung als auch mit den von der veränderlichen Schwerkraft herrührenden vermengen; natürlich auch mit den Effecten der raschen Axendrehung, die alles Entstehende in westöstlicher Richtung zu verlängern bestrebt ist.

Es ist möglich, ja wahrscheinlich, daß die Fluthwirkungen in sehr vielen Fällen verschwindend gering sind. Sie werden aber manchmal, wenn ein Effect zum andern kommt, doch sich bemerkbar machen können. Damit wollen wir denn auch unsere vergleichende Besprechung der irdischen Wettererscheinungen und der Jupiters-Phänomene schließen und nun zu den Ansichten verschiedener Forscher über die Beschaffenheit des Planeten übergehen.

VIII. Ansichten verschiedener Forscher über die physische Beschaffenheit des Jupiter.

Trotz der oft hervorgehobenen Unsicherheit aller Vermuthungen über die physische Beschaffenheit des Planeten, mit welchem sich unsere Betrachtung beschäftigt, ist es doch von Interesse, die Ansichten verschiedener Astronomen über den Zustand der ungeheuern Masse kennen zu lernen. Der geneigte Leser wird auf den folgenden Blättern einige unserer frühern Ergebnisse von verschiedenen Seiten her unabhängig bestätigt finden.

Bredichin in Moskau gab[71]) vor längerer Zeit einer Ansicht über die Verschiedenheit der beiden Hemisphären Ausdruck. Nach siebenjährigen Beobachtungen glaubte er als Ergebniß aussprechen zu dürfen, 1. daß in der Nähe des Jupiter-Aequators eine feste, erhöhte Zone sich finde, die jedoch die Grenzen der Atmosphäre nicht überschreite; 2. daß zur Zeit (Ende 1880) die Südhalbkugel einen größern Betrag von Innenwärme in die Atmosphäre durchlasse, als die Nordhalbkugel; dieses Verhältniß beeinflusse die Richtung, welche die von einer Hemisphäre auf die andere übertretenden Ströme von Dämpfen und Gasen annehmen.

Indem Bredichin den großen rothen Fleck der Südhalbkugel, über welchen in den frühern Capiteln vielfach geredet ist, als einen Theil der festen, aber noch rothglühenden Rinde aufzufassen scheint, fährt er fort: „Die Erscheinungen, welche man in der Umgebung desjenigen Theiles der Rinde beobachtet, welcher sich durch die zerrissene Lage von Dämpfen hindurch unter der Gestalt des rothen Fleckes darstellt, tragen zur Bestätigung des Satzes bei, daß in Bezug auf die Aequator-Zone dieser Fleck beträchtlich tiefer liegt, und daß die Südhalbkugel vorwiegend Wärme entwickelt." Man muß, wie angedeutet, diesen Satz vielleicht so verstehen, daß der rothe Fleck als solcher, d. h. in seiner Rothfärbung, als ein Theil der festen Rinde gelten soll. Obgleich nun, wie wir (S. 47) gesehen haben, die Ansicht von der eigenen Leuchtkraft des Fleckes dadurch entkräftet wird, daß Terby später einen Trabanten-Schatten in unverminderter Helligkeit vor jenem einhergehen sah, so ist doch kaum zu bezweifeln, daß der Schleier an jener Stelle wenigstens zum Theil gelüftet ist und daß ein kräftiges Hervorbrechen glühender Gase aus dem Innern die Bildung tropfbar flüssiger Abkühlungs-Producte verhindert hat. Müssen wir dann auch die Rothfärbung auf theilweise Absorption in den Gasen zurückführen, so wird doch Bredichin's Schlußfolgerung

betreffs der größern Wärmestrahlung der Südhalbkugel dadurch nicht berührt. Der russische Gelehrte hat weiterhin mit Hülfe der Aequatorstreifen die Abstände des Nordrandes (b) und des Südrandes (a) der von ihm vermutheten erhöhten Aequator-Zone vom Aequator selbst der Messung mit Winkelinstrumenten unterzogen. Es ergaben sich in Winkelsecunden folgende Werthe:

Jahr	a	b	Jahr	a	b
1874	6,2	4,8	1878	5,8	3,8
1875	5,5	9,5	1879	5,6	3,0
1876	5,6	8,6	1880	5,7	2,3
1877	5,9	5,7			

Wegen der veränderlichen scheinbaren Größe des Planeten[72]) sind die Zahlen bereits auf eine und dieselbe scheinbare Größe umgerechnet, nämlich auf einen Polardurchmesser von 48", der ungefähr der Oppositionszeit entspricht. In diesem Falle entspricht (vgl. Cap. II) eine Winkelsecunde etwa einer Strecke von 300 myriom. oder 27 geographischen Breitegraden, der Strecke von Bukarest bis Hammerfest. Die Erdkugel würde in der Größe von 4,2" erscheinen. Man kann sich hiernach eine Vorstellung von den ungeheuern Entfernungen bilden, die durch die Größen a und b gemessen werden, aber auch von den Aenderungen, die in irgend einer Weise stattgefunden haben. Man sieht auf den ersten Blick, daß die Entfernung des Südrandes (a) der Aequator-Zone vom Aequator selbst viel geringern Schwankungen unterliegt als die Entfernung (b) des Nordrandes. Letzterer Abstand erfährt, wie man durch Vergleichung des für 1875 gefundenen Mittelwerthes mit dem 1880er Werthe findet, Aenderungen vom anderthalbfachen Betrage des Erddurchmessers. Bredichin glaubt nun, daß die von ihm vermuthete äquatoreale Aufschwellung der festen Rinde nach Süden zu steil abfällt, nach Norden in einem langen Abhange von mäßiger Neigung sich senkt. Ist dann die Bildung flüssiger Abkühlungs-Producte an ein gewisses Maximum oder Minimum der Tiefe gebunden, und verändert sich dieses Maximum in verschiedenen Jahren, so ist es klar, daß der Nordabhang mit seinem geringen Gefälle von diesen Aenderungen in ganz anderm Grade betroffen wird, als der steil abfallende südliche Hang. Denken wir uns auf der Erde einen Berg, der in derselben Weise nach Süden stärker abfällt als nach Norden. Er werde bis zu einer gewissen Höhe von Nebeln umwallt. Sobald diese Höhe in Folge von Wetteränderungen um einige hundert Meter wechselt, wird vom Nordhang eine viel größere Strecke bedeckt bezw. aufgeklärt werden als vom Südhang. So bedeckt sich nach Bredichin der Nordhang „abwechselnd und vielleicht periodisch mehr oder weniger mit Wolken und Dünsten. Die höchste Zone scheint 2 Secunden (also

1883 entfielen 93 Treffer. Im Ganzen gilt die Regel in 81 Procent aller Fälle.

Die hellen Partieen schwimmen wolkengleich auf dem dunkeln Grunde. Man wolle hierzu die ähnlich lautenden Aeußerungen Keeler's (Cap. VI, S. 35) vergleichen. Als Grund für diese Annahme führt Green zunächst die Art der Begrenzung der hellen Gebilde an; außerdem die Thatsache, „daß diese weißleuchtenden Gebilde, wie die Beobachtung zeigt, gelegentlich theilweise auf einem dunkeln Streifen und theilweise auf dem allgemeinen hellen Hintergrunde der Planeten-Oberfläche liegen, wobei sie sich dann auf diesem Hintergrunde und jenem Streifen in derselben Weise abzeichnen“ [76]). Ein dritter Grund ist die constant weiße Färbung der hellsten Gebilde, während die dunkeln grau, grün, orange oder neutral gefärbt sind; ein vierter die manchmal sehr bedeutende Anzahl und geringe Größe der weißen Flecken. Weitere Beweise werden aus bestimmten Jupiter-Zeichnungen Green's hergeleitet, die der Annahme, daß die dunkeln Gebilde unter den weißen liegen, einen entschiedenen Vorzug vor der gegentheiligen geben.

Auf den rothen Fleck [75]) wurde Green's Aufmerksamkeit zuerst im Jahre 1878 gelenkt, wo das Gebilde — bei geringer Meridianhöhe Jupiters — intensiv roth und von weißer Masse umgeben war. Eine bedeutende Aenderung erfuhr es im December 1881; die zugespitzten Enden des Fleckes [77]) waren so dunkel, daß am 19. December das präcedirende Ende anfangs irrthümlich für den Schatten eines Mondes gehalten wurde. Der südliche dunkele Streifen kam dem Fleck näher; ein breites, dunkeles Stück umgab ihn an der Polarseite. Im December 1882 hatten wieder gewaltige Aenderungen sich eingestellt; die dunkeln Enden waren schwach, der Fleck bleich und schlecht begrenzt. Am 23. December wurde eine merkwürdige Bewegung der Gebilde in der Nachbarschaft des Fleckes wahrgenommen; alle ihm präcedirenden Formen waren äquatorwärts gekrümmt, und gerade in der Verlängerung seiner präcedirenden Spitze war der dunkele Südstreifen von einer leuchtenden Masse durchzogen. Drei wohlbegrenzte Streifen von weißer, rother und grauer Farbe waren alle derselben Krümmung unterworfen, und am Ende dieser Curven erschien der große Südstreifen wie zerschnitten. Die frühestens am 18. December begonnene Aenderung hörte am 4. Januar 1883 auf. Viele gute Bilder aus dem Februar und März desselben Jahres verrathen eine Zunahme der Unruhe nach dem Flecken hin. Die Farben waren in dieser (Oppositions-) Zeit sehr ausgeprägt. Der rothe Theil des Südringes erschien tiefer gefärbt als der Fleck, und rund um den Planeten ausgedehnt. Anfang 1885 war der Fleck fast verschwunden. Das stimmt mit einer Beobachtung von Boeddicker [51]), dem am 18. Februar

1885 der Fleck als sehr schwach erschien; Terby[55]) konnte Tags darauf — mit erheblich schwächern optischen Mitteln — den Flecken gar nicht mehr sehen; dagegen haben beide Beobachter die äquatorwärts gerichtete Einbiegung des Südstreifens nördlich vom Flecken auch an diesen Tagen mit vollkommener Deutlichkeit wahrgenommen. Green sah bereits am 6. Januar das nachfolgende Ende von weißer Masse umhüllt. Im folgenden Jahre kehrten Form und Farbe in etwa wieder; das kräftige Wiederaufleben des Gebildes in den allerletzten Jahren haben wir bereits früher erwähnt. Im März und April 1885 erschienen an der Polarseite des Südstreifens drei kleinere Flecke, die dem großen folgten; einer von ihnen erreichte am 22. März die halbe Breite und zwei Drittel der Länge des großen, bei deutlich rother Färbung. Alle diese Gebilde waren in der nächsten Opposition verschwunden. Green hält an der Ansicht fest, daß die aus dem großen Fleck abgeleitete Axendrehungszeit die wahre sei, da sie sich auf ein Stück der festen Oberfläche beziehe; die andern Gebilde gäben sich durch ihre besondern Rotationszeiten als atmosphärisch zu erkennen. Daß die weiße Masse, welche bei der 1880er Opposition den Flecken umgab, über diesem selbst fehlte, führte Green auf die große Hitze zurück, die ihm entstrahle. Die zeitweilige große Schwächung im Jahre 1885 und die spätere Wiederkehr (mit Sicherheit schon 1886) habe atmosphärische[78]) Gründe oder sei objectiv.

Folgende Schlüsse zieht der englische Astronom aus seinen Beobachtungen. Der Planet hat eine dampfreiche Atmosphäre, mit verschiedenen Concentrationsgraden, auf denen Gebilde beruhen, die unsern Wolken ähnlich sind. Von 60° jovigraphischer Breite[48]) bis zu den Polen lagern ruhige, nahezu unveränderliche Wolkenkappen. Wir bemerken hierzu, daß die früher erwähnten 1889er Zeichnungen Keeler's am Sechsunddreißigzöller des Lick Observatory jene Polargrenze vielleicht noch weiter polwärts rücken zu wollen scheinen; eines von Keeler's Bildern wenigstens enthält dunkele Streifen, die, zumal auf der Südhalbkugel, weit über 70° hinausgehen. Große Wasserflächen auf dem Planeten hält Green für wahrscheinlich. Vom Aequator bis 45° nördlicher und südlicher Breite liegt ein Gebiet fortwährender Aenderungen, nicht nur in der Atmospäre, sondern auch in der darunter liegenden Oberfläche. Trotzdem können Formen von bemerkenswerther Beständigkeit auftreten. Solche Formen sind, wie man an dem großen Fleck deutlich sehen kann[77]), nur in der Richtung der Rotation möglich; auch die kleinern 1885er Flecken zeigen Aehnliches, und so müssen alle Gebilde, mögen sie aus Land oder Wasser oder auch aus einem Mitteldinge bestehen, mit der Richtung der Streifen übereinstimmen. „Der Planet ist noch sehr heiß, aber nicht glühend." Green folgert dieses aus dem Um-

1883 entfielen 93 Treffer. Im Ganzen gilt die Regel in 81 Procent aller Fälle.

Die hellen Partieen schwimmen wolkengleich auf dem dunkeln Grunde. Man wolle hierzu die ähnlich lautenden Aeußerungen Keeler's (Cap. VI, S. 35) vergleichen. Als Grund für diese Annahme führt Green zunächst die Art der Begrenzung der hellen Gebilde an; außerdem die Thatsache, „daß diese weißleuchtenden Gebilde, wie die Beobachtung zeigt, gelegentlich theilweise auf einem dunkeln Streifen und theilweise auf dem allgemeinen hellen Hintergrunde der Planeten-Oberfläche liegen, wobei sie sich dann auf diesem Hintergrunde und jenem Streifen in derselben Weise abzeichnen“ [76]). Ein dritter Grund ist die constant weiße Färbung der hellsten Gebilde, während die dunkeln grau, grün, orange oder neutral gefärbt sind; ein vierter die manchmal sehr bedeutende Anzahl und geringe Größe der weißen Flecken. Weitere Beweise werden aus bestimmten Jupiter-Zeichnungen Green's hergeleitet, die der Annahme, daß die dunkeln Gebilde unter den weißen liegen, einen entschiedenen Vorzug vor der gegentheiligen geben.

Auf den rothen Fleck [75]) wurde Green's Aufmerksamkeit zuerst im Jahre 1878 gelenkt, wo das Gebilde — bei geringer Meridianhöhe Jupiters — intensiv roth und von weißer Masse umgeben war. Eine bedeutende Aenderung erfuhr es im December 1881; die zugespitzten Enden des Fleckes [77]) waren so dunkel, daß am 19. December das präcedirende Ende anfangs irrthümlich für den Schatten eines Mondes gehalten wurde. Der südliche dunkele Streifen kam dem Fleck näher; ein breites, dunkeles Stück umgab ihn an der Polarseite. Im December 1882 hatten wieder gewaltige Aenderungen sich eingestellt; die dunkeln Enden waren schwach, der Fleck bleich und schlecht begrenzt. Am 23. December wurde eine merkwürdige Bewegung der Gebilde in der Nachbarschaft des Fleckes wahrgenommen; alle ihm präcedirenden Formen waren äquatorwärts gekrümmt, und gerade in der Verlängerung seiner präcedirenden Spitze war der dunkele Südstreifen von einer leuchtenden Masse durchzogen. Drei wohlbegrenzte Streifen von weißer, rother und grauer Farbe waren alle derselben Krümmung unterworfen, und am Ende dieser Curven erschien der große Südstreifen wie zerschnitten. Die früheſtens am 18. December begonnene Aenderung hörte am 4. Januar 1883 auf. Viele gute Bilder aus dem Februar und März desſelben Jahres verrathen eine Zunahme der Unruhe nach dem Flecken hin. Die Farben waren in dieser (Oppositions-) Zeit sehr ausgeprägt. Der rothe Theil des Südringes erschien tiefer gefärbt als der Fleck, und rund um den Planeten ausgedehnt. Anfang 1885 war der Fleck fast verschwunden. Das stimmt mit einer Beobachtung von Boeddicker [51]), dem am 18. Februar

1885 der Fleck als sehr schwach erschien; Terby[55]) konnte Tags darauf — mit erheblich schwächern optischen Mitteln — den Flecken gar nicht mehr sehen; dagegen haben beide Beobachter die äquatorwärts gerichtete Einbiegung des Südstreifens nördlich vom Flecken auch an diesen Tagen mit vollkommener Deutlichkeit wahrgenommen. Green sah bereits am 6. Januar das nachfolgende Ende von weißer Masse umhüllt. Im folgenden Jahre kehrten Form und Farbe in etwa wieder; das kräftige Wiederaufleben des Gebildes in den allerletzten Jahren haben wir bereits früher erwähnt. Im März und April 1885 erschienen an der Polarseite des Südstreifens drei kleinere Flecke, die dem großen folgten; einer von ihnen erreichte am 22. März die halbe Breite und zwei Drittel der Länge des großen, bei deutlich rother Färbung. Alle diese Gebilde waren in der nächsten Opposition verschwunden. Green hält an der Ansicht fest, daß die aus dem großen Fleck abgeleitete Axendrehungszeit die wahre sei, da sie sich auf ein Stück der festen Oberfläche beziehe; die andern Gebilde gäben sich durch ihre besondern Rotationszeiten als atmosphärisch zu erkennen. Daß die weiße Masse, welche bei der 1880er Opposition den Flecken umgab, über diesem selbst fehlte, führte Green auf die große Hitze zurück, die ihm entstrahle. Die zeitweilige große Schwächung im Jahre 1885 und die spätere Wiederkehr (mit Sicherheit schon 1886) habe atmosphärische[78]) Gründe oder sei objectiv.

Folgende Schlüsse zieht der englische Astronom aus seinen Beobachtungen. Der Planet hat eine dampfreiche Atmosphäre, mit verschiedenen Concentrationsgraden, auf denen Gebilde beruhen, die unsern Wolken ähnlich sind. Von 60° jovigraphischer Breite[48]) bis zu den Polen lagern ruhige, nahezu unveränderliche Wolkenkappen. Wir bemerken hierzu, daß die früher erwähnten 1889er Zeichnungen Keeler's am Sechsunddreißigzöller des Lick Observatory jene Polargrenze vielleicht noch weiter polwärts rücken zu wollen scheinen; eines von Keeler's Bildern wenigstens enthält dunkele Streifen, die, zumal auf der Südhalbkugel, weit über 70° hinausgehen. Große Wasserflächen auf dem Planeten hält Green für wahrscheinlich. Vom Aequator bis 45° nördlicher und südlicher Breite liegt ein Gebiet fortwährender Aenderungen, nicht nur in der Atmospäre, sondern auch in der darunter liegenden Oberfläche. Trotzdem können Formen von bemerkenswerther Beständigkeit auftreten. Solche Formen sind, wie man an dem großen Fleck deutlich sehen kann[77]), nur in der Richtung der Rotation möglich; auch die kleinern 1885er Flecken zeigen Aehnliches, und so müssen alle Gebilde, mögen sie aus Land oder Wasser oder auch aus einem Mitteldinge bestehen, mit der Richtung der Streifen übereinstimmen. „Der Planet ist noch sehr heiß, aber nicht glühend." Green folgert dieses aus dem Um-

1883 entfielen 93 Treffer. Im Ganzen gilt die Regel in 81 Procent aller Fälle.

Die hellen Partieen schwimmen wolkengleich auf dem dunkeln Grunde. Man wolle hierzu die ähnlich lautenden Aeußerungen Keeler's (Cap. VI, S. 35) vergleichen. Als Grund für diese Annahme führt Green zunächst die Art der Begrenzung der hellen Gebilde an; außerdem die Thatsache, „daß diese weißleuchtenden Gebilde, wie die Beobachtung zeigt, gelegentlich theilweise auf einem dunkeln Streifen und theilweise auf dem allgemeinen hellen Hintergrunde der Planeten-Oberfläche liegen, wobei sie sich dann auf diesem Hintergrunde und jenem Streifen in derselben Weise abzeichnen“ [76]). Ein dritter Grund ist die constant weiße Färbung der hellsten Gebilde, während die dunkeln grau, grün, orange oder neutral gefärbt sind; ein vierter die manchmal sehr bedeutende Anzahl und geringe Größe der weißen Flecken. Weitere Beweise werden aus bestimmten Jupiter-Zeichnungen Green's hergeleitet, die der Annahme, daß die dunkeln Gebilde unter den weißen liegen, einen entschiedenen Vorzug vor der gegentheiligen geben.

Auf den rothen Fleck [75]) wurde Green's Aufmerksamkeit zuerst im Jahre 1878 gelenkt, wo das Gebilde — bei geringer Meridianhöhe Jupiters — intensiv roth und von weißer Masse umgeben war. Eine bedeutende Aenderung erfuhr es im December 1881; die zugespitzten Enden des Fleckes [77]) waren so dunkel, daß am 19. December das präcedirende Ende anfangs irrthümlich für den Schatten eines Mondes gehalten wurde. Der südliche dunkele Streifen kam dem Fleck näher; ein breites, dunkeles Stück umgab ihn an der Polarseite. Im December 1882 hatten wieder gewaltige Aenderungen sich eingestellt; die dunkeln Enden waren schwach, der Fleck bleich und schlecht begrenzt. Am 23. December wurde eine merkwürdige Bewegung der Gebilde in der Nachbarschaft des Fleckes wahrgenommen; alle ihm präcedirenden Formen waren äquatorwärts gekrümmt, und gerade in der Verlängerung seiner präcedirenden Spitze war der dunkele Südstreifen von einer leuchtenden Masse durchzogen. Drei wohlbegrenzte Streifen von weißer, rother und grauer Farbe waren alle derselben Krümmung unterworfen, und am Ende dieser Curven erschien der große Südstreifen wie zerschnitten. Die früheſtens am 18. December begonnene Aenderung hörte am 4. Januar 1883 auf. Viele gute Bilder aus dem Februar und März desselben Jahres verrathen eine Zunahme der Unruhe nach dem Flecken hin. Die Farben waren in dieser (Oppositions-) Zeit sehr ausgeprägt. Der rothe Theil des Südringes erschien tiefer gefärbt als der Fleck, und rund um den Planeten ausgedehnt. Anfang 1885 war der Fleck fast verschwunden. Das stimmt mit einer Beobachtung von Boeddicker [51]), dem am 18. Februar

885 der Fleck als sehr schwach erschien; Terby[55]) konnte Tags darauf — mit erheblich schwächern optischen Mitteln — den Flecken gar nicht mehr sehen; dagegen haben beide Beobachter die äquatorwärts gerichtete Einbiegung des Südstreifens nördlich vom Flecken auch an diesen Tagen mit vollkommener Deutlichkeit wahrgenommen. Green sah bereits am 6. Januar das nachfolgende Ende von weißer Masse umhüllt. Im folgenden Jahre kehrten Form und Farbe in etwa wieder; das kräftige Wiederaufleben des Gebildes in den allerletzten Jahren haben wir bereits früher erwähnt. Im März und April 1885 erschienen an der Polarseite des Südstreifens drei kleinere Flecke, die dem großen folgten; einer von ihnen erreichte am 22. März die halbe Breite und zwei Drittel der Länge des großen, bei deutlich rother Färbung. Alle diese Gebilde waren in der nächsten Opposition verschwunden. Green hält an der Ansicht fest, daß die aus dem großen Fleck abgeleitete Axendrehungszeit die wahre sei, da sie sich auf ein Stück der festen Oberfläche beziehe; die andern Gebilde gäben sich durch ihre besondern Rotationszeiten als atmosphärisch zu erkennen. Daß die weiße Masse, welche bei der 1880er Opposition den Flecken umgab, über diesem selbst fehlte, führte Green auf die große Hitze zurück, die ihm entstrahle. Die zeitweilige große Schwächung im Jahre 1885 und die spätere Wiederkehr (mit Sicherheit schon 1886) habe atmosphärische[78]) Gründe oder sei objectiv.

Folgende Schlüsse zieht der englische Astronom aus seinen Beobachtungen. Der Planet hat eine dampfreiche Atmosphäre, mit verschiedenen Concentrationsgraden, auf denen Gebilde beruhen, die unsern Wolken ähnlich sind. Von 60° jovigraphischer Breite[48]) bis zu den Polen lagern ruhige, nahezu unveränderliche Wolkenkappen. Wir bemerken hierzu, daß die früher erwähnten 1889er Zeichnungen Keeler's am Sechsunddreißigzöller des Lick Observatory jene Polargrenze vielleicht noch weiter polwärts rücken zu wollen scheinen; eines von Keeler's Bildern wenigstens enthält dunkele Streifen, die, zumal auf der Südhalbkugel, weit über 70° hinausgehen. Große Wasserflächen auf dem Planeten hält Green für wahrscheinlich. Vom Aequator bis 45° nördlicher und südlicher Breite liegt ein Gebiet fortwährender Aenderungen, nicht nur in der Atmospäre, sondern auch in der darunter liegenden Oberfläche. Trotzdem können Formen von bemerkenswerther Beständigkeit auftreten. Solche Formen sind, wie man an dem großen Fleck deutlich sehen kann[77]), nur in der Richtung der Rotation möglich; auch die kleinern 1885er Flecken zeigen Aehnliches, und so müssen alle Gebilde, mögen sie aus Land oder Wasser oder auch aus einem Mitteldinge bestehen, mit der Richtung der Streifen übereinstimmen. „Der Planet ist noch sehr heiß, aber nicht glühend." Green folgert dieses aus dem Um-

1883 entfielen 93 Treffer. Im Ganzen gilt die Regel in 81 Procent aller Fälle.

Die hellen Partieen schwimmen wolkengleich auf dem dunkeln Grunde. Man wolle hierzu die ähnlich lautenden Aeußerungen Keeler's (Cap. VI, S. 35) vergleichen. Als Grund für diese Annahme führt Green zunächst die Art der Begrenzung der hellen Gebilde an; außerdem die Thatsache, „daß diese weißleuchtenden Gebilde, wie die Beobachtung zeigt, gelegentlich theilweise auf einem dunkeln Streifen und theilweise auf dem allgemeinen hellen Hintergrunde der Planeten-Oberfläche liegen, wobei sie sich dann auf diesem Hintergrunde und jenem Streifen in derselben Weise abzeichnen“ [76]). Ein dritter Grund ist die constant weiße Färbung der hellsten Gebilde, während die dunkeln grau, grün, orange oder neutral gefärbt sind; ein vierter die manchmal sehr bedeutende Anzahl und geringe Größe der weißen Flecken. Weitere Beweise werden aus bestimmten Jupiter-Zeichnungen Green's hergeleitet, die der Annahme, daß die dunkeln Gebilde unter den weißen liegen, einen entschiedenen Vorzug vor der gegentheiligen geben.

Auf den rothen Fleck [75]) wurde Green's Aufmerksamkeit zuerst im Jahre 1878 gelenkt, wo das Gebilde — bei geringer Meridianhöhe Jupiters — intensiv roth und von weißer Masse umgeben war. Eine bedeutende Aenderung erfuhr es im December 1881; die zugespitzten Enden des Fleckes [77]) waren so dunkel, daß am 19. December das präcedirende Ende anfangs irrthümlich für den Schatten eines Mondes gehalten wurde. Der südliche dunkele Streifen kam dem Fleck näher; ein breites, dunkeles Stück umgab ihn an der Polarseite. Im December 1882 hatten wieder gewaltige Aenderungen sich eingestellt; die dunkeln Enden waren schwach, der Fleck bleich und schlecht begrenzt. Am 23. December wurde eine merkwürdige Bewegung der Gebilde in der Nachbarschaft des Fleckes wahrgenommen; alle ihm präcedirenden Formen waren äquatorwärts gekrümmt, und gerade in der Verlängerung seiner präcedirenden Spitze war der dunkele Südstreifen von einer leuchtenden Masse durchzogen. Drei wohlbegrenzte Streifen von weißer, rother und grauer Farbe waren alle derselben Krümmung unterworfen, und am Ende dieser Curven erschien der große Südstreifen wie zerschnitten. Die früheſtens am 18. December begonnene Aenderung hörte am 4. Januar 1883 auf. Viele gute Bilder aus dem Februar und März desselben Jahres verrathen eine Zunahme der Unruhe nach dem Flecken hin. Die Farben waren in dieser (Oppositions-) Zeit sehr ausgeprägt. Der rothe Theil des Südringes erschien tiefer gefärbt als der Fleck, und rund um den Planeten ausgedehnt. Anfang 1885 war der Fleck fast verschwunden. Das stimmt mit einer Beobachtung von Boeddicker [51]), dem am 18. Februar

1885 der Fleck als sehr schwach erschien; Terby[55]) konnte Tags darauf — mit erheblich schwächern optischen Mitteln — den Flecken gar nicht mehr sehen; dagegen haben beide Beobachter die äquatorwärts gerichtete Einbiegung des Südstreifens nördlich vom Flecken auch an diesen Tagen mit vollkommener Deutlichkeit wahrgenommen. Green sah bereits am 6. Januar das nachfolgende Ende von weißer Masse umhüllt. Im folgenden Jahre kehrten Form und Farbe in etwa wieder; das kräftige Wiederaufleben des Gebildes in den allerletzten Jahren haben wir bereits früher erwähnt. Im März und April 1885 erschienen an der Polarseite des Südstreifens drei kleinere Flecke, die dem großen folgten; einer von ihnen erreichte am 22. März die halbe Breite und zwei Drittel der Länge des großen, bei deutlich rother Färbung. Alle diese Gebilde waren in der nächsten Opposition verschwunden. Green hält an der Ansicht fest, daß die aus dem großen Fleck abgeleitete Axendrehungszeit die wahre sei, da sie sich auf ein Stück der festen Oberfläche beziehe; die andern Gebilde gäben sich durch ihre besondern Rotationszeiten als atmosphärisch zu erkennen. Daß die weiße Masse, welche bei der 1880er Opposition den Flecken umgab, über diesem selbst fehlte, führte Green auf die große Hitze zurück, die ihm entstrahle. Die zeitweilige große Schwächung im Jahre 1885 und die spätere Wiederkehr (mit Sicherheit schon 1886) habe atmosphärische[78]) Gründe oder sei objectiv.

Folgende Schlüsse zieht der englische Astronom aus seinen Beobachtungen. Der Planet hat eine dampfreiche Atmosphäre, mit verschiedenen Concentrationsgraden, auf denen Gebilde beruhen, die unsern Wolken ähnlich sind. Von 60° jovigraphischer Breite[48]) bis zu den Polen lagern ruhige, nahezu unveränderliche Wolkenkappen. Wir bemerken hierzu, daß die früher erwähnten 1889er Zeichnungen Keeler's am Sechsunddreißigzöller des Lick Observatory jene Polargrenze vielleicht noch weiter polwärts rücken zu wollen scheinen; eines von Keeler's Bildern wenigstens enthält dunkele Streifen, die, zumal auf der Südhalbkugel, weit über 70° hinausgehen. Große Wasserflächen auf dem Planeten hält Green für wahrscheinlich. Vom Aequator bis 45° nördlicher und südlicher Breite liegt ein Gebiet fortwährender Aenderungen, nicht nur in der Atmospäre, sondern auch in der darunter liegenden Oberfläche. Trotzdem können Formen von bemerkenswerther Beständigkeit auftreten. Solche Formen sind, wie man an dem großen Fleck deutlich sehen kann[77]), nur in der Richtung der Rotation möglich; auch die kleinern 1885er Flecken zeigen Aehnliches, und so müssen alle Gebilde, mögen sie aus Land oder Wasser oder auch aus einem Mitteldinge bestehen, mit der Richtung der Streifen übereinstimmen. „Der Planet ist noch sehr heiß, aber nicht glühend." Green folgert dieses aus dem Um-

ſtande, daß die Aenderungen an die Aequatorialzone gebunden und atmoſpäriſchen Charakters ſeien. Das beziehe ſich jedoch nicht auf den rothen Flecken und die Kupferfarbe des Aequators und der benachbarten Streifen, die höchſt wahrſcheinlich auf der Wirkung innerer Kräfte beruhe. Hierzu möchten wir bemerken, daß, wie bereits oben geſagt, nach den americaniſchen Beobachtungen die unthätige Polarzone etwas eingeſchränkt werden muß, und daß wegen der Verwaſchenheit der Ränder vielleicht eine noch weitere Ausdehnung des Streifen-Phänomens nach den Polen hin anzunehmen iſt. Wenn Green die verhältnißmäßig niedrige Temperatur des Planeten aus der Beſchränkung der größern Aenderungen auf die äquatorealen Gegenden folgert, ſo will er damit wohl der Sonnenwärme einen größern Einfluß zuweiſen. Er mag darin Recht haben; doch wird die bedeutende Verminderung der Schwerkraft am Aequator vielleicht auch mitſpielen. — Die vorhin erwähnte Thatſache, daß ſehr häufig an der Polarſeite eines dunkeln Streifens ein heller ſich befindet, erklärt Green wie folgt. Der dunkele Streifen iſt ein Gebiet aufſteigender heißer Dünſte, die ſich nicht über ihm ſelbſt, wohl aber in den benachbarten Gegenden zu hell leuchtenden Wolken condenſiren können. Das findet vorzugsweiſe auf der kühlern Polarſeite ſtatt — alſo z. B. auf der Nordhalbkugel nördlich von dem heißen Gebiet, womit dann wieder für das Vorhandenſein wirklicher Klimate und damit einer merkbaren Sonnenwirkung ein Anhalt gewonnen wäre. Die äquatoreale und die polare Seite eines dunkeln Fleckens wären der Regel nach deutlich verſchieden: erſtere zeige ovale Formen oder Gruppen, letztere eine dichtere ſtreifenähnliche Maſſe. Das ſei durch abwechſelnde oder umkehrende Luftſtrömungen zu erklären. Die eine wehe vom Aequator nach den Gegenden hin, die wir hier auf Erden die Paſſat-Gebiete nennen würden, die andere oder Gegenſtrömung von dort rückwärts zum Aequator. So werde in verſchiedene Theile zerlegt, was ſonſt ein einfacher Wolkenring geworden wäre. Ob nicht hier eine Ueberſchätzung des Einfluſſes der Sonnenwärme gegenüber der Eigenwärme vorliegt? Noch mehr dürfte das für die höhern Breiten gelten, wo kleinere helle und dunkele Gebiete durch cyklonal aufſteigende Luft, alſo im Sinne unſerer barometriſchen Minima, zu erklären ſein ſollen. Wir möchten dem entgegenhalten, daß in weiterer Entfernung vom Aequator die Sonnenſtrahlung ſicherlich ſehr ſchwach ausfällt, womit allerdings nicht geſagt ſein ſoll, daß die äußerſten Luftgebilde nicht doch dadurch verändert werden könnten. Heftige Winde ſollen aus der nicht durch die Eigenwärme erklärlichen Aequatorealbeſchleunigung der Rotation folgen. Jenſeits 45° nördlicher und ſüdlicher Breite ſeien dieſe Bewegungen nicht mehr angedeutet. Der Leſer wird ſich erinnern, daß

wir im vorigen Capitel die Thatsache der heftigen Aequatorströmung mitgetheilt, die Bedenken Terby's gegen alle Passat-Hypothesen erwähnt und einen Weg angedeutet haben, auf dem man vielleicht zu einer Erklärung jenes Phänomens gelangen könnte.

Die verschiedenen Farben der nicht von weißen Wolken bedeckten Oberflächen-Theile sollen auf die Beschaffenheit der unter der wechselvollen Atmosphäre liegenden zusammenhangenden Gebilde deuten. Orange oder Kupferroth erinnere an den Planeten Mars; die so gefärbten Theile wären wahrscheinlich die festesten, obschon (wohl mit Rücksicht auf die geringe Gesammtdichte des Jupiter) kaum fester als Flugsand. Dunkelgrau oder bläulichgrau lasse auf die Anwesenheit von Wasser schließen, und die zarteren Abstufungen würden mit Fug auf die wechselnde Durchsichtigkeit der Atmosphäre Jupiters zurückgeführt. Dieser Atmosphäre möchten wir (wie früher auseinandergesetzt) lieber das ganze Farbenspiel auf die Rechnung setzen. Die Röthe des großen Fleckes würde — meint Green — leichter verständlich durch den Hinweis auf die Thatsache, daß zu einer gewissen Zeit auf dem ganzen äquatorealen Gebiete ein Bestreben nach dieser Färbung sich zeigte, und daß mit dem Erbleichen des Fleckes die Färbung des Südstreifens zunahm, besonders an seiner polaren — also dem Fleck zugewandten [77]) — Seite. Die häufige Farbenänderung in den Streifen gebe der Vermuthung einer großen Unbeständigkeit des Oberflächenzustandes Raum; etwa wie wenn dünne Schichten der Rinde mit seichten Gewässern abwechselten. Die bei dieser Hypothese angedeuteten Schwankungen der Grenzen zwischen Meer und Festland erinnern, wie man sieht, wieder an die Steinkohlenperiode unseres Erdballes, in welcher ein sehr häufiger Wechsel zwischen seichter Ueberfluthung und relativer Festigkeit des Bodens stattgefunden haben muß, wenn die Verkohlung so großer Pflanzenmassen erklärlich bleiben soll, wie sie in den Flötzen unserer productiven Gebirge aufbewahrt sind. Die Einlagerung des Wurzelgeflechtes der Kryptogamenwälder in Schieferthon steht damit im Einklang. Eine Entscheidung darüber, ob Green mit seiner kühnen Hypothese über den Farbenwechsel Recht hat, wäre wohl noch verfrüht. Uebrigens gibt er selber zu, daß unsere Kenntniß der wahren Jupiter-Oberfläche mangelhaft bleiben müsse, da wir letztere nur durch einen Schleier von Dünsten [79]) erblickten.

Die lange Periode von 1860—1868, wo ein weißer Streifen am Aequator verweilte, wurde durch den von 1869—1872 vorherrschenden kupferrothen Farbenton abgelöst. Das Auftreten des großen Fleckes wurde vorausverkündigt durch ausgedehnte Condensation über demjenigen Gebiete der Oberfläche, wo er später erschien. Man vergleiche damit die Mittheilung Lohse's, daß er die dem Flecken benachbarte äquatoreale

ſtande, daß die Aenderungen an die Aequatorialzone gebunden und atmoſphäriſchen Charakters ſeien. Das beziehe ſich jedoch nicht auf den rothen Flecken und die Kupferfarbe des Aequators und der benachbarten Streifen, die höchſt wahrſcheinlich auf der Wirkung innerer Kräfte beruhe. Hierzu möchten wir bemerken, daß, wie bereits oben geſagt, nach den americaniſchen Beobachtungen die unthätige Polarzone etwas eingeſchränkt werden muß, und daß wegen der Verwaſchenheit der Ränder vielleicht eine noch weitere Ausdehnung des Streifen-Phänomens nach den Polen hin anzunehmen iſt. Wenn Green die verhältnißmäßig niedrige Temperatur des Planeten aus der Beſchränkung der größern Aenderungen auf die äquatorealen Gegenden folgert, ſo will er damit wohl der Sonnenwärme einen größern Einfluß zuweiſen. Er mag darin Recht haben; doch wird die bedeutende Verminderung der Schwerkraft am Aequator vielleicht auch mitſpielen. — Die vorhin erwähnte Thatſache, daß ſehr häufig an der Polarſeite eines dunkeln Streifens ein heller ſich befindet, erklärt Green wie folgt. Der dunkele Streifen iſt ein Gebiet aufſteigender heißer Dünſte, die ſich nicht über ihm ſelbſt, wohl aber in den benachbarten Gegenden zu hell leuchtenden Wolken condenſiren können. Das findet vorzugsweiſe auf der kühlern Polarſeite ſtatt — alſo z. B. auf der Nordhalbkugel nördlich von dem heißen Gebiet, womit dann wieder für das Vorhandenſein wirklicher Klimate und damit einer merkbaren Sonnenwirkung ein Anhalt gewonnen wäre. Die äquatoreale und die polare Seite eines dunkeln Fleckens wären der Regel nach deutlich verſchieden: erſtere zeige ovale Formen oder Gruppen, letztere eine dichtere ſtreifenähnliche Maſſe. Das ſei durch abwechſelnde oder umkehrende Luftſtrömungen zu erklären. Die eine wehe vom Aequator nach den Gegenden hin, die wir hier auf Erden die Paſſat-Gebiete nennen würden, die andere oder Gegenſtrömung von dort rückwärts zum Aequator. So werde in verſchiedene Theile zerlegt, was ſonſt ein einfacher Wolkenring geworden wäre. Ob nicht hier eine Ueberſchätzung des Einfluſſes der Sonnenwärme gegenüber der Eigenwärme vorliegt? Noch mehr dürfte das für die höhern Breiten gelten, wo kleinere helle und dunkele Gebiete durch cyklonal aufſteigende Luft, alſo im Sinne unſerer barometriſchen Minima, zu erklären ſein ſollen. Wir möchten dem entgegenhalten, daß in weiterer Entfernung vom Aequator die Sonnenſtrahlung ſicherlich ſehr ſchwach ausfällt, womit allerdings nicht geſagt ſein ſoll, daß die äußerſten Luftgebilde nicht doch dadurch verändert werden könnten. Heftige Winde ſollen aus der nicht durch die Eigenwärme erklärlichen Aequatorealbeſchleunigung der Rotation folgen. Jenſeits 45° nördlicher und ſüdlicher Breite ſeien dieſe Bewegungen nicht mehr angedeutet. Der Leſer wird ſich erinnern, daß

wir im vorigen Capitel die Thatsache der heftigen Aequatorialströmung mitgetheilt, die Bedenken Terby's gegen alle Passat-Hypothesen erwähnt und einen Weg angedeutet haben, auf dem man vielleicht zu einer Erklärung jenes Phänomens gelangen könnte.

Die verschiedenen Farben der nicht von weißen Wolken bedeckten Oberflächen-Theile sollen auf die Beschaffenheit der unter der wechselvollen Atmosphäre liegenden zusammenhangenden Gebilde deuten. Orange oder Kupferroth erinnere an den Planeten Mars; die so gefärbten Theile wären wahrscheinlich die festesten, obschon (wohl mit Rücksicht auf die geringe Gesammtdichte des Jupiter) kaum fester als Flugsand. Dunkelgrau oder bläulichgrau lasse auf die Anwesenheit von Wasser schließen, und die zarteren Abstufungen würden mit Fug auf die wechselnde Durchsichtigkeit der Atmosphäre Jupiters zurückgeführt. Dieser Atmosphäre möchten wir (wie früher auseinandergesetzt) lieber das ganze Farbenspiel auf die Rechnung setzen. Die Röthe des großen Fleckes würde — meint Green — leichter verständlich durch den Hinweis auf die Thatsache, daß zu einer gewissen Zeit auf dem ganzen äquatorealen Gebiete ein Bestreben nach dieser Färbung sich zeigte, und daß mit dem Erbleichen des Fleckes die Färbung des Südstreifens zunahm, besonders an seiner polaren — also dem Fleck zugewandten [77]) — Seite. Die häufige Farbenänderung in den Streifen gebe der Vermuthung einer großen Unbeständigkeit des Oberflächenzustandes Raum; etwa wie wenn dünne Schichten der Rinde mit seichten Gewässern abwechselten. Die bei dieser Hypothese angedeuteten Schwankungen der Grenzen zwischen Meer und Festland erinnern, wie man sieht, wieder an die Steinkohlenperiode unseres Erdballes, in welcher ein sehr häufiger Wechsel zwischen seichter Ueberfluthung und relativer Festigkeit des Bodens stattgefunden haben muß, wenn die Verkohlung so großer Pflanzenmassen erklärlich bleiben soll, wie sie in den Flötzen unserer productiven Gebirge aufbewahrt sind. Die Einlagerung des Wurzelgeflechtes der Kryptogamenwälder in Schieferthon steht damit im Einklang. Eine Entscheidung darüber, ob Green mit seiner kühnen Hypothese über den Farbenwechsel Recht hat, wäre wohl noch verfrüht. Uebrigens gibt er selber zu, daß unsere Kenntniß der wahren Jupiter-Oberfläche mangelhaft bleiben müsse, da wir letztere nur durch einen Schleier von Dünsten [79]) erblickten.

Die lange Periode von 1860—1868, wo ein weißer Streifen am Aequator verweilte, wurde durch den von 1869—1872 vorherrschenden kupferrothen Farbenton abgelöst. Das Auftreten des großen Fleckes wurde vorausverkündigt durch ausgedehnte Condensation über demjenigen Gebiete der Oberfläche, wo er später erschien. Man vergleiche damit die Mittheilung Lohse's, daß er die dem Flecken benachbarte äquatoreale

Ausbiegung des Südstreifens eher als jenen selbst beobachtet hat. Diese weiße Wolkenmasse verließ niemals die Gegend des rothen Flecks, und obgleich sie 1884 sich beträchtlich südwärts zurückzog, kehrte sie im folgenden Jahre wieder und verursachte, sich über dem Flecke ballend, seine fast völlige Unsichtbarkeit. Die Verknüpfung dieser Thatsachen leitet Green zu der Vermuthung, „daß lange fortgesetzte Wolkenentwickelungen die Thätigkeit tiefer liegender störender Kräfte andeuten, von denen wir nichts wissen, bis durch Zerstreuung der Wolken uns ein zufälliger Einblick in die unter ihnen sich vollziehenden Aenderungen gestattet wird".

Green's Jupiter-Theorie, die wir im Vorstehenden vielfach mit seinen eigenen Worten vorgetragen haben, ist wohl eine der durchgebildetsten und verdient aus diesem Grunde hohe Beachtung, obgleich sie in einzelnen Punkten nicht ganz einwurfsfrei ist.

Belopolsky in Petersburg[80]) nimmt zwei scharf geschiedene Rotations-Perioden an. Die eine von $9^h\ 51^m$ gelte für einen äquatorealen Gürtel; die andere von $9^h\ 55^m$ für den Rest der Oberfläche, wenigstens bis 45^0 beiderseitiger jovigraphischer Breite. Bis 5^0 Breite (nördlich und südlich) ist der äquatoreale Gürtel wohl bestimmt; von hier bis 10 oder 15^0 liege ein Gebiet, wo die Gebilde theils zu diesem Gürtel, theils zur Region der mittlern Breiten gehören und dementsprechend die eine oder die andere Rotationszeit befolgen. Der Gürtel scheint nicht vollständig symmetrisch zum Aequator zu liegen; er muß also, wenn er mit dem irdischen Passatgürtel zu vergleichen ist, doch noch besondere Eigenthümlichkeiten haben, die auf der Erde nicht verwirklicht sind — es sei denn, daß unsere Passat-Region durch die unregelmäßige Vertheilung von Land und Wasser gleichfalls eine Gestalt erhält, die einem außerirdischen Beobachter den Eindruck der Asymmetrie machen würde. Wie man sieht, haben diese Gedanken einige Berührungspunkte mit der Green'schen Theorie. Bei dem Vergleich mit unserer Erde darf man natürlich nicht vergessen, daß der Passatgürtel, auch abgesehen von dem durch die ungleiche Vertheilung der Landmassen hervorgerufenen Monsun-Phänomen, mit der Jahreszeit zwischen den Wendekreisen hin- und herwandert. Auf dem Jupiter wird dieser Gürtel, wenn er überhaupt klimatische, also nicht in der Eigenwärme beruhende Ursachen hat, doch ziemlich genau an derselben Stelle verharren, da die Wendekreise des Planeten nur 3 Grad von seinem Aequator abstehen.

An einen merklichen Einfluß des Umlaufs um die Sonne scheint der sehr geschätzte Jupiter-Beobachter A. Stanley Williams zu glauben. Indem er[81]) nämlich mittheilt, daß der große Fleck in neuester Zeit nahezu dieselbe Helligkeit und Farbenschönheit wiedererlangt habe, die ihn im Jahre 1879 als ein so anziehendes Object erscheinen ließ, theilt er

mit, daß im $6^1/_2$zölligen Spiegelfernrohr das Gebilde selbst unter ungünstigen Bedingungen sehr gut sichtbar sei, und fährt fort: „Es ist vielleicht bemerkenswerth, daß die gegenwärtige Gebietszunahme des Fleckes etwa zwölf Jahre nach der großen Erscheinung von 1879 eingetreten ist.“ — Will man dieses Zusammentreffen nicht für ganz zufällig ansehen, so darf man vielleicht annehmen, daß die natürliche eruptive Eigenthätigkeit des Planeten durch seine jeweilige Annäherung an die Sonne irgendwie befördert, oder daß ihr doch irgendwelche Hindernisse dadurch weggeräumt werden. Man darf dann freilich nicht bis zu den eigentlichen Perihelien warten, die in den September 1880 und Juli 1892 fallen, muß vielmehr die Maxima bereits je ein Jahr vorher eintreten lassen. Auch das Minimum von 1885 ist um diesen Betrag verfrüht. — Nach Denning[82]) war übrigens im August 1891 der Fleck zwar sehr hell und selbst in kleinern Instrumenten sichtbar, auch von scharfer Begrenzung und dem charakteristischen Ziegelroth; doch sei er durchaus nicht ein so hervorstechendes Gebilde gewesen wie 1879—1881.

Die Annahme, daß der Fleck sich mit den Jahreszeiten Jupiters verändert, würde eine wesentliche Stütze erhalten, wenn frühere Erscheinungen desselben aus der Litteratur nachgewiesen werden könnten. Obgleich das nun bei der verschiedenen Vollkommenheit der Beobachter und Instrumente und der oft willkürlichen Nomenclatur nicht eben leicht ist, hat doch Holden[83]), der Vorsteher des Lick Observatory, die Aufmerksamkeit auf ältere Erscheinungen gelenkt, worauf dann von englischer Seite gleichfalls über die Vorgeschichte des rothen Fleckes, „the early history of the red spot of Jupiter“[84]), eine Mittheilung erfolgte.

Von Schwabe's[85]) Zeichnungen deuten folgende auf das Gebilde hin: 1) 1831, Sept. 5, $9^h\,45^m$ (vielleicht Dessauer Zeit). Wohlbegrenzte Bucht oder Höhle auf dem Südstreifen, 2) 1840, April 26, 10—$10^1/_2{}^h$. Zwei Arme strahlen von der Südseite des südlichen Aequatorstreifens aus, etwas westlich (Pr) vom Central-Meridian. Sie schließen einen hellern Raum ein. Die scheinbare Größe erinnert an die des großen Fleckes 1883—1884. 3) 1845, Dec. 2, $4^3/_4{}^h$. Gut begrenzte, aber ziemlich flache Höhlung passirt ungefähr den Central-Meridian. Der Streifen erscheint sogar, gerade wie jetzt, an der Pr-Seite der dem rothen Fleck zugewandten Höhlung verdoppelt, was allerdings auch auf einem Zeichenfehler beruhen könnte. 4) 1850, Febr. 26, $7^1/_2{}^h$. Flache Höhlung, ein wenig nach ihrem Durchgange durch den Central-Meridian beobachtet. 5) 1851, Mai 10, $7^3/_4$—8^h. Tiefe, auffallende Höhlung, ein wenig vor dem Central-Durchgange gesehen. Hat die größte Aehnlichkeit mit dem rothen Fleck. 6) 7) Zwei ähnliche Beobachtungen aus 1852 und 1853. Es ist möglich, daß die Durchforschung der Reſtbände von

Schwabe's Zeichnungen und von den entsprechenden Arbeiten der Jupiter-Beobachter Dawes (1857), Gorton (1859—1861), Bernaerts (1875—1878), sowie verschiedener anderer Materialien aus den Jahren 1856—1882 noch mehr ergeben würde. Die vorliegenden Notizen sind nun allerdings der Annahme einer Veränderlichkeit des Fleckes mit den Jahreszeiten Jupiters nicht sehr günstig. Die letzten Perihelien fallen in die Jahre 1833, 45, 56, 68, 80, 92. Die mit 1) und 3) bezeichneten Notizen würden befriedigen, wenn nicht die fünfte, die den größten Anklang an die neuern haben soll, in die Zeit des Aphels fiele. Natürlich kann man bei keinem Bilde mit Sicherheit behaupten, daß wirklich Schwabe dasselbe Gebilde hat zeichnen wollen, welches den neuern Beobachtern als großer rother Fleck erschienen ist. Holden findet aus 1857 die älteste in diesem Sinne verwerthbare Zeichnung von Dawes; außerdem erinnere eine Zeichnung von Mayer in Bethlehem (Pa., U. S. A. Lehigh University) vom 5. Januar 1870, die einen elliptischen Ring aufweise, ziemlich gut an den Flecken. Die erstere Darstellung wäre dann wieder aus der Nähe des Perihels. Uebrigens wird von anderer Seite[86]) daran festgehalten, daß der Fleck als wirkliche Neubildung zu betrachten sei, die frühestens 1871 habe beobachtet werden können; der Fleck sei damals in der schwarzen Farbe beobachtet worden, die den später roth werdenden Neubildungen in ihrem ersten Stadium eigenthümlich ist.

Der bekannte französische Astronom Flammarion[87]) hält es bereits für ausgemacht, daß auf dem Jupiter eine feste Rinde über einem glühend flüssigen Kern lagere. In Uebereinstimmung mit Andern hält er den großen Flecken für einen Theil der wahren Planeten-Oberfläche.

E. E. Barnard hält, wie wir einer Zeitschrift-Notiz[86]) entnehmen, die Oberfläche Jupiters für in teigartigem plastischem Zustande befindlich; er erklärt sich also gegen die Annahme, daß wir es mit Wolkenformen zu thun haben. Daß die geringe Dichte des Planeten gegen diese Ansicht spricht, will er nicht leugnen. Die Farbenänderungen sind bloße optische Phänomene, durch die Eruption von Gasen hervorgerufen — also nicht periodische Ueberfluthungen und Austrocknungen, wie Green lehrt. Die Hypothese von teigartigem Zustande hat insofern eine gewisse Berechtigung, als bei der größern Schwerkraft des Planeten die Analogie der Wolken mit den unserigen nicht vollständig sein kann.

Terby[55]), dessen Ansichten betreffs der Passat-Region wir bereits kennen, glaubt, daß die große Veränderlichkeit der Jupiter-Oberfläche ebensowohl auf Ortsveränderungen als auf dem Gestaltwechsel der einzelnen Gebilde beruhen kann; es sei darum die Frage zu stellen, welche Flecken fest, welche beweglich und welche veränderlich seien. Mit

Schwabe's Zeichnungen und von den entsprechenden
piter-Beobachter Dawes (1857), Gorton (1859—1
(1875—1878), sowie verschiedener anderer Materialie
1856—1882 noch mehr ergeben würde. Die vorliege
nun allerdings der Annahme einer Veränderlichkeit d
Jahreszeiten Jupiters nicht sehr günstig. Die letzter
in die Jahre 1833, 45, 56, 68, 80, 92. Die mit
neten Notizen würden befriedigen, wenn nicht die
größten Anklang an die neuern haben soll, in die Zei
Natürlich kann man bei keinem Bilde mit Sicherhe
wirklich Schwabe dasselbe Gebilde hat zeichnen wollen,
Beobachtern als großer rother Fleck erschienen ist.
1857 die älteste in diesem Sinne verwerthbare Zeichr
außerdem erinnere eine Zeichnung von Mayer in A
U. S. A. Lehigh University) vom 5. Januar 187C
tischen Ring aufweise, ziemlich gut an den Flecken.
stellung wäre dann wieder aus der Nähe des Perihel
von anderer Seite[86]) daran festgehalten, daß der Flec
bildung zu betrachten sei, die frühestens 1871 habe
können; der Fleck sei damals in der schwarzen Farbe
die den später roth werdenden Neubildungen in ihr
eigenthümlich ist.

Der bekannte französische Astronom Flammari
reits für ausgemacht, daß auf dem Jupiter eine feste
glühend flüssigen Kern lagere. In Uebereinstimmung
er den großen Flecken für einen Theil der wahren F

E. E. Barnard hält, wie wir einer Zeitschrift-N
die Oberfläche Jupiters für in teigartigem plastischem
er erklärt sich also gegen die Annahme, daß wir es
zu thun haben. Daß die geringe Dichte des Planet
sicht spricht, will er nicht leugnen. Die Farbenänd
optische Phänomene, durch die Eruption von Gase
also nicht periodische Ueberfluthungen und Austrockn
lehrt. Die Hypothese von teigartigem Zustande hat i
Berechtigung, als bei der größern Schwerkraft des P
der Wolken mit den unserigen nicht vollständig sein

Terby[55]), dessen Ansichten betreffs der Passat-
kennen, glaubt, daß die große Veränderlichkeit der
ebensowohl auf Ortsveränderungen als auf dem Ge
zelnen Gebilde beruhen kann; es sei darum die Fra
Flecken fest, welche beweglich und welche verän

scher über die Beschaffenheit des Jupiter ist, wie man sich denken kann, sehr unvollständig. Sie wird trotzdem unsern Lesern ein ungefähres Bild von dem jetzigen Stande der Hauptfragen vermitteln können.

IX. Vorübergänge und Bedeckungen. Ansichten über Rotationen und Oberflächen der Monde.

Bei den vielen Zweifeln, die uns auf dem Gebiete der Jupiter-Physik begegnen, muß jeder Anlaß zu weiterer Belehrung willkommen sein. Wir haben nun früher[88]) gehört, daß die Trabanten bei ihren schnellen Umläufen regelmäßig erst vor dem Centralkörper einherzugehen scheinen, dann eine Zeit lang sich an seiner einen Seite (Pr) befinden, weiterhin sich hinter den Planeten, gewöhnlich auch für kurze Zeit in seinen Schatten begeben und, nachdem sie an seiner andern Seite (F) sichtbar waren, sich wieder anschicken, vor ihm herzugehen. Diese Vorübergänge (passages, transits), in welchen also der Satellit sich für unser Auge auf die Jupiter-Scheibe projicirt, haben ein Weniges zum Verständniß der Jupiter-Phänomene beigetragen.

Für einen Beobachter auf der nördlichen (südlichen) Halbkugel[89]) geschähe der Vorübergang eines Satelliten von links nach rechts (rechts nach links) für das freie Auge, wenn es die Erscheinung überhaupt wahrnehmen könnte. Leicht ergibt sich hieraus, daß für das umkehrende Fernrohr des nördlichen (südlichen) Beobachters der Trabant von rechts nach links (links nach rechts) über die Scheibe zu wandern scheint. Der Umlauf geschieht eben in jedem Fall in derselben Richtung wie die Rotation.

Da sowohl der Centralkörper als auch der Trabant von der Sonne erleuchtet wird und das erborgte Licht nach der Erde zurückstrahlt, die ja für einen Zenopoliten[35]) immer nahezu in derselben Richtung steht wie die Sonne, so sehen wir von beiden Körpern immer nahezu die voll erleuchteten Scheiben. Die Monde erscheinen als sehr kleine Scheibchen; selbst der größte, der dritte nämlich, hat einen Winkeldurchmesser von knapp $1\frac{1}{2}$", gerechnet für die mittlere Entfernung Jupiters; wollte man daher auch dreihundertfache Vergrößerung anwenden, wie es aus den früher mitgetheilten Gründen selbst bei vorzüglichen Instrumenten doch nur unter den besten atmosphärischen Verhältnissen angeht, so hätte man diesem Himmelskörper doch nur einen Winkeldurchmesser von beinahe 450" gegeben, d. h. ein Viertel oder Fünftel der scheinbaren Größe des Erdmondes für das freie Auge. Dieser Bruchtheil geht selbst in der

Opposition nicht auf ein volles Drittel herauf, und für schwächere Vergrößerungen, wie man sie gewöhnlich anwenden muß, ist natürlich das Verhältniß noch ungünstiger, namentlich bei den drei kleinern Monden. Der Satellit wird daher nur als ein sehr kleiner Fleck auf der Jupiterscheibe sich darstellen; aber in welcher Farbe und Helligkeit? Man unterscheide hier recht wohl den Mond selbst von seinem Schatten. Letzterer ist bei dem Mangel eines merkbaren Eigenlichtes des Jupiter vollständig schwarz; er kann unter Umständen uns durch den Satelliten verdeckt werden, öfter aber (so in Fig. 1 u. 7) sieht man beide neben einander, ähnlich wie wir von einer weißen Schaumblase, die auf dem Wasser schwimmt, gleichzeitig ihren dunkeln Schatten auf dem Grunde wahrnehmen. Der Eindruck, welchen der Satellit auf unser Auge macht, wird offenbar nicht minder als von seiner eigenen Helligkeit von dem Aussehen der Jupitergebiete abhangen, über welche man ihn wandern sieht.

Nach dieser einleitenden Betrachtung wird es leicht sein, die Ausführungen zu verstehen, durch welche einige americanische Gelehrte die bei den Satelliten-Vorübergängen betrachteten Phänomene zu erklären versucht haben. Wir werden diese Erklärungen, zum Theil erörtert, hier wiedergeben. Keeler[90]) sagt: Die Erscheinungen der dunkeln Vorübergänge der Jupitermonde gehören zu den auffallendsten im Sonnen-System, und eine innerhalb der Wahrscheinlichkeitsgrenzen verbleibende Erklärung derselben, die den bekannten Naturgesetzen keine Gewalt anthut, verdient jedenfalls Beachtung. Die Hauptthatsachen sind folgende: Bei den gewöhnlichen Vorübergängen ist der Trabant hell, wenn man ihn in der Nähe des Randes der scheinbaren Planetenscheibe sieht; in den mittlern Theilen der Scheibe geht er für den Anblick verloren. Gelegentlich aber erscheint der Planet beim Vorübergange dunkeler als die Scheibe; der Farbenton kann so tief sein, daß ein Satellit unter Umständen irrthümlicher Weise für seinen eigenen Schatten angesehen wurde. Trotzdem erscheint der Satellit, wenn er die Scheibe verläßt und sich wieder auf den Himmelsgrund projicirt, durchaus hell. Ferner ist die Wahrnehmung von Wichtigkeit, daß die dunkeln Vorübergänge für die vom Jupiter entferntern Monde häufiger sind als für die nähern, und endlich die Thatsache, daß sie, so viel man bis jetzt weiß, durchaus unregelmäßig auftreten, also keine Vorhersage gestatten. Es ist nun allgemein angenommen und wird durch alle Beobachtungen bestätigt, daß Jupiter eine noch sehr heiße, vielleicht dem Selbstleuchten nahe kommende[91]) Kugel ist. Die Thatsache, daß Jupiter in den äquatorealen Gegenden die stärkste Thätigkeit entfaltet, darf nicht, dieser Annahme entgegen, auf einen vorwiegenden Einfluß der Sonnenstrahlung zurückgeführt werden. Denn auch die Sonne selbst, die doch ihren Wärmevorrath

durchaus in sich trägt und nirgendwo borgt, ist in ihrem Aequatorgürtel am thätigsten[92]). Darum hat man anzunehmen, daß Jupiter auf seine Monde eine erhebliche Wärmestrahlung ausübt, welche die physische Beschaffenheit dieser Weltkörper mehr oder weniger mitbestimmen muß.

Wenn ein Satellit vor den mittlern Theilen der Jupiterscheibe steht, so ist er gewöhnlich unsichtbar. Er wirft also dann das Sonnenlicht ungefähr in demselben Verhältnisse zurück wie diese Theile[93]). Er hat daher eine sehr hohe Albedo[17]), und das ist für einen so kleinen nicht selbstleuchtenden Weltkörper merkwürdig genug. Es deutet auf eine ganz bestimmte Beschaffenheit seiner Oberflächengebilde. Setzen wir den Satelliten als einen von Natur harten und kalten Körper voraus. Das ist bei seiner geringen Größe jedenfalls gestattet, da wir wissen, daß kleine Weltkörper die ursprünglich etwa vorräthige Eigenwärme durch Ausstrahlung sehr schnell verlieren[94]). Seine Albedo wird dann von Natur nicht eben größer sein als die einer gewöhnlichen Felsmasse, keineswegs aber der des Jupiter selbst gleichkommen. Da er nun trotzdem vor dem Jupiter verschwindet, d. h. nahezu eben so weiß ist wie dieser, so muß er gleich ihm von einer wasserdampfreichen und in ihren äußersten Schichten zur Wolkenbildung neigenden Atmosphäre umgeben sein. Hierfür spricht auch der Umstand, daß Vogel in den Spectris der Trabanten einen dunkeln Absorptions-Streifen wiederfand, der für das Jupiter-Spectrum selbst charakteristisch ist. Nehmen wir nun an, daß die Oberflächen der Satelliten Wasser enthalten. Dasselbe könnte, wenn nur die Sonnenstrahlung wirkte, kaum anders als in Form von Eis bestehen, da die Sonne 27 Mal schwächer strahlt als auf der Erde und die Trabanten eine Eigenwärme aus dem vorhin angegebenen Grunde wohl nicht besitzen. Nun schmilzt und verdampft aber wegen der großen Nähe[95]) des heißen Jupiter die Eisrinde auf der ihm zugewandten Seite. Die aufsteigenden Dämpfe kühlen sich in höhern Schichten wieder ab. Sie werden auch wohl durch die Axendrehung auf die andere Seite des Mondes geführt werden, und das ist bei den Vorübergängen eben die der Sonne und Erde zugewandte. Es umgibt sich also vielleicht der ganze Mond mit einem Wolkenmantel, ähnlich wie der Planet selbst. Damit stimmt es gut, daß die Albedines der Monde von einander und von der Albedo des Centralkörpers nur wenig verschieden sind. Es versteht sich nun, daß die Wärme des Hauptkörpers die einzelnen vier Monde in sehr verschiedenem Maße beeinflußen muß, am meisten den innersten und am wenigsten den äußersten Mond. Keeler nimmt nun an, daß dort, wo die Wirkung schwächer ist, der Gleichgewichtszustand in den wolkigen Gebilden sich nicht so leicht erhält, und daß also von der dem Jupiter abgewandten Seite zuweilen die Wolken ziemlich plötz-

lich sich entfernen, hierdurch die dunkele Oberfläche bloßlegen und so den Mond als erheblich schwärzer erscheinen lassen — nämlich in dem Fall, daß diese Seite der Erde zugewandt ist, d. h. gerade bei den Vorübergängen. Mit Recht weist Keeler darauf hin, daß die Monde bei ihrer geringen Masse von sehr dünnen, für die Sonnenstrahlen leicht durchgängigen Lufthüllen umgeben sind. Da nun die dunkeln Vorübergänge auf Wetter-Erscheinungen in den Lufthüllen der Monde selbst zurückgeführt sind, so erklärt sich auch ihr unregelmäßiges Auftreten. Es kommen nämlich als bestimmende Factoren außer der wechselnden Strahlungsstärke des von schlecht leitenden Wolken bald mehr bald weniger umgebenen, außerdem um eine Axe rotirenden Jupiter auch noch die Rotationen der Monde selbst in Betracht, über deren Schnelligkeit wir nichts Zuverlässiges wissen, ferner die Lage ihrer Rotations-Axen zu den Bahn-Ebenen, auch wohl die vielleicht nicht regelmäßige Anordnung ihrer festen Oberflächentheile.

Daß die Monde, sobald sie die Oberfläche ihres Centralkörpers verlassen zu haben scheinen, plötzlich wieder in hellem Glanze gesehen werden, auch wenn sie auf der Scheibe dunkel aussahen, dieses Verhalten darf uns nicht überraschen. Es projiciren sich die Monde jetzt auf den dunkeln Himmelsgrund, und ein Vergleich ihrer Lichtstärke mit der des verwaschenen Planetenrandes, der durch jenen dunkeln Grund von ihnen getrennt ist, läßt sich schwer anstellen. Keeler schlägt darum vor, die Satelliten nach den dunkeln Vorübergängen sorgfältig durch photometrische Schätzungen zu prüfen [96]).

In einem Falle jedoch, sagt Keeler, müsse seine Ansicht ein wenig modificirt werden, obgleich sie keinenfalls unrichtig würde. Es sei dieses der Fall, wo die Satelliten in derselben Zeit um ihre Axe liefen, in der sie auch den Centralkörper umlaufen. Sie würden dann, gleich unserm Monde, dem Centralkörper immer dieselbe Seite zuwenden. Es wird dann diese Seite beständig heiße Dämpfe entwickeln, die sich oben abkühlen, wogegen die andere Seite, welche nur der schwachen Sonnenstrahlung ausgesetzt ist, kalt bleiben muß [97]). Uebrigens hält Keeler die angedeutete Gleichheit von Rotationszeit und Umlaufszeit bei den Jupitermonden nicht für wahrscheinlich. Wir werden auf diese Frage, mit der, wie man sieht, die Keeler'sche Hypothese zusammenhängt, noch zurückkommen. Der Vergleich mit dem Erdmonde, an den die Körperchen ihrer Größe und Masse nach erinnern, legt noch andere Betrachtungen nahe. Die Frage, ob der Mond in seiner Oberfläche Eis enthält, ist oft besprochen worden. Größere Mengen desselben würden jedenfalls von der Sonne während des $14^3/_4$stündigen Tages ganz energisch aufgesaugt werden. Der Umstand, daß unsere Erde noch viel Wasser in

ihrer Oberfläche enthält, der Mond dagegen offenbar viel weniger, wird darauf zurückzuführen sein, daß die hohe Innenwärme des Erdballs einer dauernden Auffaugung und chemischen Bindung der Gewässer mit Erfolg entgegenwirkt. Der Mond wird in viel größern Tiefen so kalt sein, daß Wasser in flüssigem Zustande bestehen kann trotz des geringen Druckes. Das Wasser konnte also in größerer Menge aufgesogen werden. Wenn Aehnliches für die Jupitermonde gilt, muß Keeler's Hypothese, die sonst durch Einfachheit besticht, erheblich abgeändert werden.

Holden, der Vorsteher des Lick Observatory, begleitet Keeler's Aufsatz mit einem eigenen, dessen Gedankengang wir gleichfalls wiedergeben wollen. Von Barnard, Keeler und Hill seien neuerdings Beobachtungen von dunkeln Vorübergängen und entsprechende Erklärungsversuche mitgetheilt worden. Ihm selbst erscheine folgender Weg als der nächstliegende. Die Albedo des Jupiter ist = 0,62, die der vier Monde sind der Reihe nach 0,22, 0,27, 0,14, 0,08 (vom innersten zum äußersten). Da diese Zahlen den Bruchtheil des erhaltenen Sonnenlichtes darstellen, den jeder der fünf Himmelskörper zurückstrahlt, und da gleich große Oberflächentheile aller fünf Körper gleich große Mengen von Sonnenlicht erhalten [98]), so werden die von solchen Flächenstücken auf Jupiter und den Monden ausgesandten Lichtmengen gleichfalls den angeführten Zahlen proportional sein. Die ganze Erklärung hängt nun — wie wir auch in der Einleitung andeuteten — davon ab, wie sich die Albedo des vorüberziehenden Mondes zur Albedo desjenigen Theiles der vielfarbigen Jupiterfläche verhält, auf den der Mond augenblicklich als projicirt erscheint. Nehmen wir an, daß ein Mond mit der Albedo a sich dem Jupiterrande von außen her nähert. Daß er auf dem dunkeln Himmelsgrunde als heller Körper erscheint, ist selbstverständlich. Er betritt nun den dunkeln Rand, wo die Albedo A herrschen möge. Ist a viel größer als A, so ist der Mond hell auf dunkelerm Hintergrunde. Ist a = A, so ist der Trabant unsichtbar [93]); wenn endlich a viel kleiner als A, d. h. der Mond viel weniger glänzend ist, als die Randgegenden, so erscheint er als schwarzer, dem Schatten ähnlicher Fleck; doch ist hierfür noch erforderlich, daß die Vergrößerung des Fernrohres hinreicht, um dem Trabanten einen merklichen Durchmesser zu verleihen; andernfalls wird er von dem hellern Hintergrunde ganz überstrahlt. Betritt der Mond andere Gebiete der Scheibe mit den Albedines B, C, D, so ändert sich die Erscheinung gemäß den Werthen dieser Albedines. Da der erste und zweite Mond die kleinsten sind, so ergibt es sich, daß sie mit Instrumenten, die nicht sehr stark vergrößern, nur selten in dunkelm Vorübergange gesehen werden können. So erklärt sich, und zwar auf ganz andere Weise wie bei Keeler, die Seltenheit der dunkeln Vorüber-

gänge für diese beiden Sternchen. Dieselbe Erklärung sei von Klein (Astron. Nachr. 2014) und Young (General Astronomy, § 624) aufgestellt worden. Durch Messung der Lichtstärke des Jupiter in verschiedenen Entfernungen vom Rande mit Hülfe von photographirten Bildern des Planeten sucht Holden die Hypothesen noch wahrscheinlicher zu machen.

Barnard beschreibt einen dunkeln Vorübergang des dritten Mondes am 2. September 1890[99]). Beim Beginn der Beobachtung war der Durchgang schon fast beendigt. Der Trabant war auf der innern (äquatorialen) Kante des nördlichen Aequatorstreifens und theilweise auf der hellen Zone zwischen Nord- und Südstreifen zu sehen; er war schwärzer als einige dunkele Flecken im NF-Theil der Scheibe. Gesehen wurde er zuerst um $17^h\ 25^m$ Sternzeit. Um $17^h\ 48^m$ war er den Flecken an Dunkelheit und Größe gleich. $17^h\ 53^m$ erschien er vielleicht etwas kleiner; zwei Minuten nachher war er kleiner und bleicher als die Flecken; nach wieder zwei Minuten sehr klein, aber noch immer dunkel; $17^h\ 59^m$ noch dunkel, scheinbar sehr klein, nämlich nur $^1/_5$ seines neben ihm stehenden Schattens. Fortschreitend kleiner und dunkler um $18^h\ 0^m$ und $18^h\ 4^m$, kam er dem Pr-Rande immer näher; um $18^h\ 6^m$ war er verloren, wurde aber gleich darauf als Ausbauchung am Pr-Rande wiedergefunden. Um $18^h\ 8^m$ fand sich bei sorgfältigem Suchen ein dünnes schwarzes Fleckchen auf dem Satelliten. Um $18^h\ 9^m$ war dieser ganz weiß und heller als der Planetenrand; von dem schwarzen Fleckchen war nichts mehr zu sehen. Auch nach dem Austritt konnte man das dunkele Fleckchen, das sich vorhin auf der Trabanten-Oberfläche gezeigt hatte, mit keiner Vergrößerung wiedererkennen, und es erschien der Trabant heller als irgend ein Theil der so hellen Jupiterfläche selbst. — Barnard hält es für wichtig, die Satelliten besonders dann scharf zu beobachten, wenn sie beim Vorübergange zwischen Helligkeit und Schwärze wechseln; hierauf beruhe die Erklärung des Phänomens. Dasselbe habe sich im Ganzen in der gleichen Weise abgespielt, wie beim Vorübergange des vierten Mondes am 13. August 1890; nur daß der Wechsel zwischen Hell und Dunkel beim dritten Monde in dem vorhin geschilderten dunkeln Vorübergang wie auch in den sonstigen von Barnard beobachteten Fällen sich immer bereits vor dem Erreichen des Randes vollzog. — An einem gewissen Punkte beginnt also der Trabant kleiner zu werden und anscheinend unbeweglich zu sein. Es besteht der Anschein, als ob der Satellit unter irgend einem verdunkelnden, nur auf ihm sichtbaren Medium durchginge; dasselbe wird, wenn der Mond es verläßt, kleiner und ist am Ende an dem F-Rande des Mondes aufgehäuft. Diese Bemerkungen gehen nur auf das Ende des dunkeln Vorüberganges, da Barnard den Anfang

ihrer Oberfläche enthält, der Mond dagegen offenbar viel weniger, wird darauf zurückzuführen sein, daß die hohe Innenwärme des Erdballs einer dauernden Auffaugung und chemischen Bindung der Gewässer mit Erfolg entgegenwirkt. Der Mond wird in viel größern Tiefen so kalt sein, daß Wasser in flüssigem Zustande bestehen kann trotz des geringen Druckes. Das Wasser konnte also in größerer Menge aufgesogen werden. Wenn Aehnliches für die Jupitermonde gilt, muß Keeler's Hypothese, die sonst durch Einfachheit besticht, erheblich abgeändert werden.

Holden, der Vorsteher des Lick Observatory, begleitet Keeler's Aufsatz mit einem eigenen, dessen Gedankengang wir gleichfalls wiedergeben wollen. Von Barnard, Keeler und Hill seien neuerdings Beobachtungen von dunkeln Vorübergängen und entsprechende Erklärungsversuche mitgetheilt worden. Ihm selbst erscheine folgender Weg als der nächstliegende. Die Albedo des Jupiter ist = 0,62, die der vier Monde sind der Reihe nach 0,22, 0,27, 0,14, 0,08 (vom innersten zum äußersten). Da diese Zahlen den Bruchtheil des erhaltenen Sonnenlichtes darstellen, den jeder der fünf Himmelskörper zurückstrahlt, und da gleich große Oberflächentheile aller fünf Körper gleich große Mengen von Sonnenlicht erhalten [98]), so werden die von solchen Flächenstücken auf Jupiter und den Monden ausgesandten Lichtmengen gleichfalls den angeführten Zahlen proportional sein. Die ganze Erklärung hängt nun — wie wir auch in der Einleitung andeuteten — davon ab, wie sich die Albedo des vorüberziehenden Mondes zur Albedo desjenigen Theiles der vielfarbigen Jupiterfläche verhält, auf den der Mond augenblicklich als projicirt erscheint. Nehmen wir an, daß ein Mond mit der Albedo a sich dem Jupiterrande von außen her nähert. Daß er auf dem dunkeln Himmelsgrunde als heller Körper erscheint, ist selbstverständlich. Er betritt nun den dunkeln Rand, wo die Albedo A herrschen möge. Ist a viel größer als A, so ist der Mond hell auf dunkelerm Hintergrunde. Ist a = A, so ist der Trabant unsichtbar [99]); wenn endlich a viel kleiner als A, d. h. der Mond viel weniger glänzend ist, als die Randgegenden, so erscheint er als schwarzer, dem Schatten ähnlicher Fleck; doch ist hierfür noch erforderlich, daß die Vergrößerung des Fernrohres hinreicht, um dem Trabanten einen merklichen Durchmesser zu verleihen; andernfalls wird er von dem hellern Hintergrunde ganz überstrahlt. Betritt der Mond andere Gebiete der Scheibe mit den Albedines B, C, D, so ändert sich die Erscheinung gemäß den Werthen dieser Albedines. Da der erste und zweite Mond die kleinsten sind, so ergibt es sich, daß sie mit Instrumenten, die nicht sehr stark vergrößern, nur selten in dunkelm Vorübergange gesehen werden können. So erklärt sich, und zwar auf ganz andere Weise wie bei Keeler, die Seltenheit der dunkeln Vorüber-

gänge für diese beiden Sternchen. Dieselbe Erklärung sei von Klein (Astron. Nachr. 2014) und Young (General Astronomy, § 624) aufgestellt worden. Durch Messung der Lichtstärke des Jupiter in verschiedenen Entfernungen vom Rande mit Hülfe von photographirten Bildern des Planeten sucht Holden die Hypothesen noch wahrscheinlicher zu machen.

Barnard beschreibt einen dunkeln Vorübergang des dritten Mondes am 2. September 1890[99]). Beim Beginn der Beobachtung war der Durchgang schon fast beendigt. Der Trabant war auf der innern (äquatorialen) Kante des nördlichen Aequatorstreifens und theilweise auf der hellen Zone zwischen Nord- und Südstreifen zu sehen; er war schwärzer als einige dunkele Flecken im NF-Theil der Scheibe. Gesehen wurde er zuerst um $17^h\ 25^m$ Sternzeit. Um $17^h\ 48^m$ war er den Flecken an Dunkelheit und Größe gleich. $17^h\ 53^m$ erschien er vielleicht etwas kleiner; zwei Minuten nachher war er kleiner und bleicher als die Flecken; nach wieder zwei Minuten sehr klein, aber noch immer dunkel; $17^h\ 59^m$ noch dunkel, scheinbar sehr klein, nämlich nur $^1/_5$ seines neben ihm stehen-Schattens. Fortschreitend kleiner und dunkler um $18^h\ 0^m$ und $18^h\ 4^m$, kam er dem Pr-Rande immer näher; um $18^h\ 6^m$ war er verloren, wurde aber gleich darauf als Ausbauchung am Pr-Rande wiedergefunden. Um $18^h\ 8^m$ fand sich bei sorgfältigem Suchen ein dünnes schwarzes Fleckchen auf dem Satelliten. Um $18^h\ 9^m$ war dieser ganz weiß und heller als der Planetenrand; von dem schwarzen Fleckchen war nichts mehr zu sehen. Auch nach dem Austritt konnte man das dunkele Fleckchen, das sich vorhin auf der Trabanten-Oberfläche gezeigt hatte, mit keiner Vergrößerung wiedererkennen, und es erschien der Trabant heller als irgend ein Theil der so hellen Jupiterfläche selbst. — Barnard hält es für wichtig, die Satelliten besonders dann scharf zu beobachten, wenn sie beim Vorübergange zwischen Helligkeit und Schwärze wechseln; hierauf beruhe die Erklärung des Phänomens. Dasselbe habe sich im Ganzen in der gleichen Weise abgespielt, wie beim Vorübergange des vierten Mondes am 13. August 1890; nur daß der Wechsel zwischen Hell und Dunkel beim dritten Monde in dem vorhin geschilderten dunkeln Vorübergang wie auch in den sonstigen von Barnard beobachteten Fällen sich immer bereits vor dem Erreichen des Randes vollzog. — An einem gewissen Punkte beginnt also der Trabant kleiner zu werden und anscheinend unbeweglich zu sein. Es besteht der Anschein, als ob der Satellit unter irgend einem verdunkelnden, nur auf ihm sichtbaren Medium durchginge; dasselbe wird, wenn der Mond es verläßt, kleiner und ist am Ende an dem F-Rande des Mondes aufgehäuft. Diese Bemerkungen gehen nur auf das Ende des dunkeln Vorüberganges, da Barnard den Anfang

einer solchen Erscheinung mit dem Zwölfzöller wahrzunehmen noch nicht die Gelegenheit hatte. Er weist darauf hin, daß dieses kein vollständig dunkeler Vorübergang war, da ja der Mond zeitweilig verschwand, und daß ganz helle Vorübergänge vielleicht eben so unwahrscheinlich seien. Dunkele Vorübergänge des dritten und vierten Mondes seien häufiger als man denke; vom zweiten Monde sei ihm in dieser Rücksicht nichts bekannt; der erste passire oft als dunkeler, wenngleich nicht geradezu schwarzer Fleck die Planetenscheibe. Im Ganzen stimmt dieses zu den Angaben der übrigen Autoren.

Die Wahrnehmung der großen Verschiedenheit des Lichtverhältnisses in den einzelnen Vorübergängen ist auch ältern Jupiters-Beobachtern nicht fremd geblieben. Schon um die Mitte des 17. Jahrhunderts gab Cassini an, daß die vorübergehenden Trabanten bald sichtbar seien, bald verschwänden. Die Erscheinung eines schwarzen oder grauen Fleckes in der Mitte des Satelliten bei hellen Vorübergängen ist in neuester Zeit oft beobachtet worden. Daß die Satelliten, vielleicht mit Ausnahme des sehr kleinen zweiten Mondes, auf die helle Mitte der Planetenscheibe sich manchmal als dunkele und vorher oder nachher auf den mattern Rand als helle Kreise projiciren, ist vielfach angegeben worden. Dagegen scheint es, daß jener von Barnard u. A. wahrgenommene dunkele Fleck auf dem hellen Monde sich als rein optisches Phänomen herausstellt. Die berühmte Sternwarte zu Cambridge (Mass., U. S. A.), das Harvard College Observatory, hat in neuester Zeit eine Art Filiale in Peru errichtet, und zwar bei Arequipa, dem Ausgangspunkte der berühmten Gebirgsbahn, in 16° 24′ südlicher Breite und 2457 m Meereshöhe. William H. Pickering veröffentlicht darüber einen Bericht[100]), aus dem die außergewöhnlich günstigen atmosphärischen Verhältnisse dieser Station hervorgehen. Als Beispiel wollen wir nur den „Gegenschein" des Zodiakallichtes erwähnen, einen Lichtschimmer, der noch viel zarter als das eigentliche Zodiakallicht ist, im Jahre 1854 von Brorsen zu Senftenberg in Böhmen entdeckt wurde, in Europa jedoch nur sehr selten und von vorzüglichen Beobachtern (wie Heis) mit Sicherheit erkannt worden ist. In Arequipa ist der Gegenschein allabendlich nach 9 Uhr ein bequemes Object, das manchmal benutzt wurde, um den Gegenpol der Sonne am Nachthimmel annähernd festzulegen. Das dreizehnzöllige Fernrohr, welches man auf die große Höhe geschafft hatte, zeigte an vielen Himmelskörpern eine überraschende Menge von Einzelheiten. Pickering richtete es auf den dritten Jupitersmond, welcher mit der angewandten Vergrößerung etwas [101]) kleiner erschien als der Erdmond mit freiem Auge, und nahezu ebenso scharf begrenzt. Nahe der Mitte seiner Scheibe erschien ein schwarzer Fleck mit etwas verwaschenen Rändern.

Pickering hielt diesen Flecken für einen Oberflächentheil, der deshalb sorgfältig aufgezeichnet wurde. In den beiden folgenden Nächten war er etwas kleiner, stand aber noch an derselben Stelle. Eine Rotationsbewegung war in keiner Weise angedeutet. Die Beobachtungen wurden fortgesetzt und auch auf die andern Monde ausgedehnt. In einer außergewöhnlich schönen Nacht war der Fleck sehr klein und deutlich; seine Größe verhielt sich zu der des ganzen Trabanten ungefähr so, wie die Ausdehnung des als mare crisium den Mondbeobachtern wohlbekannten schwarzen Fleckes auf unserm eigenen Monde zu der Ausdehnung des letztern. Das Fernrohr wurde nun auf den vierten Mond gerichtet, und man nahm eine ganz ähnliche Erscheinung wahr. Da kam dem Beobachter der richtige Gedanke: was er auf beiden Monden gesehen hatte, war nur ein Lichtbeugungs-Phänomen. Die veränderliche Größe des Fleckes war auf die veränderliche Schärfe des ganzen Bildes zurückzuführen. Sogar der Umstand, daß der Fleck nicht ganz genau die Mitte des Trabantenbildes einnahm, ließ sich erklären: er kam von einer etwas mangelhaften Adjustirung der Fernrohrlinsen her. Einige Wochen später wurde der vierte Mond beobachtet, als er bei seinem Vorübergang sich als dunkele Scheibe auf den Centralkörper projicirte. Zu seiner Ueberraschung sah nun Pickering mitten auf dem runden schwarzen Satelliten einen hellen Punkt. Es war das umgekehrte Beugungs-Phänomen, eine Wirkung des hellen Hintergrundes (Jupiter) auf das dunkele Mondbild, während bei den frühern Beobachtungen der Mond hell auf dem dunkelen Himmelsgrunde gestanden hatte. Bestätigt wird diese Erklärung durch die Mercur-Durchgänge. Der sonnennächste Planet geht ziemlich häufig so zwischen uns und der Sonne durch, daß seine unerleuchtete Seite sich als schwarzen Fleck auf die helle Scheibe des Tagesgestirns projicirt. Häufig hat man hierbei in der Mitte des Scheibchens einen hellen Punkt gesehen.

Es ergibt sich hieraus, daß auch unter sehr günstigen atmosphärischen und instrumentalen Bedingungen die Monde des Jupiters nicht entfernt so viel Einzelheiten erkennen ließen, wie der unserige für das freie Auge. Alle anders lautenden Angaben einzelner Beobachter sind mit Vorsicht aufzunehmen. Fragen wir uns nun, ob die dunkeln Vorübergänge uns etwas Greifbares betreffs der Satelliten kennen lehren. Keeler's Hypothese hat etwas Bestechendes; es ist zweifellos, daß die Nähe eines so heißen Körpers wie Jupiter selbst für die Trabanten nicht gleichgültig sein kann. Da indessen auf den Oberflächen nichts Besonderes gesehen wird, indem das Einzige, was bisher dafür gehalten wurde, als optische Täuschung erwiesen ist, so muß man vielleicht annehmen, daß die Wasservorräthe in den Oberflächen der Monde zu einer deutlichen Wolkenbil-

dung doch nicht hinreichen. Unter dieser Annahme, die, wie wir oben sahen, mit der geringen Größe der Satelliten sehr verträglich ist, darf man aber auch sagen, daß die bisherige Nichtbeobachtung wolkiger Gebilde auf den Monden nicht als Grund gegen die hohe Eigenwärme Jupiters angeführt werden kann. Die Frage nach der Beschaffenheit der Monde selbst ist innig verknüpft mit der Rotationsfrage, welche wir nunmehr berühren wollen.

Daß der Trabant unserer Erde sich in der nämlichen Zeit von etwa $27^1/_3$ Tagen um diese und um seine eigene Axe dreht, ist eine merkwürdige Thatsache, die man entwickelungsgeschichtlich zu erklären versucht hat. Als der Mond noch von Wasser umgeben war, erzeugte die Erde in dieser flüssigen Hülle eine sehr mächtige Fluthwelle. Möglicher Weise verlief damals die Rotation des Mondes sehr rasch, entsprechend seiner geringen Größe. Dann mußte die Fluthwelle den Mond entgegengesetzt seiner Rotationsrichtung umwandern [95]). Die Folge war eine heftige Reibung der Wassermassen gegen ihren Untergrund; die lebendige Kraft und Geschwindigkeit der Rotation wurde beständig vermindert, bis der Gleichgewichtszustand eintrat, den wir beobachten. Weitere Reibung fand nicht mehr statt [102]). Auf die schnell rotirende Erde äußert der Mond dieselbe Wirkung; da er jedoch mit achtzigfach geringerer Masse uns viel schwächere Gleichgewichtsstörungen verursacht, und diese Störungen zum Verzögern einer achtzig Mal größern Masse verwandt werden sollen als im ersten Fall, so haben wir etwa 6400 Mal schwächere Effecte.

Man wird daher überall, wo ein sehr massenhafter Himmelskörper in großer Nähe von einem andern umlaufen wird, bei diesem die Gleichheit von Rotationszeit und Umlaufszeit muthmaßen dürfen. Dieser Satz hat durch Schiaparelli's Entdeckung der 88tägigen Rotationsperiode des Planeten Mercur [97]) eine gute Stütze erhalten. Für Venus, wo derselbe Gelehrte die Gleichheit der Perioden vermuthet, sind die Arbeiten noch nicht abgeschlossen. Auch auf die sehr engen Fixstern-Systeme von Algol, β Lyrae usw. läßt sich das Princip anwenden [103]). Es ist darum an und für sich höchst wahrscheinlich, daß die Jupitersmonde sich in Bezug auf Rotation dem Erdmonde ähnlich verhalten. War ihre Axendrehung vorher an eine kürzere Periode gebunden, so wurde sie durch die Gezeitenreibung verzögert; hatte sie eine längere Periode, — was bei der Kürze der Umlaufszeiten allenfalls möglich ist — so wurde sie beschleunigt [104]). Die Gleichheit ist bereits im Jahre 1706, vielleicht durch einen damals noch unberechtigten Analogieschluß, vermuthet worden; man glaubt sie später durch Lichtänderungen der Satelliten bestätigt zu haben. Die Frage ist jedoch noch keineswegs als entschieden zu betrachten. Pickering's Angaben wirken gewiß nicht ermuthigend; wenn

die Oberflächen gar kein Gefüge aufweisen, wenn die dunkeln und hellen Vorübergänge lediglich auf die wechselnde Helligkeit der Oberflächengebilde des Centralkörpers zurückzuführen sind, dann ist es gleichgültig, von welcher Seite wir einen Satelliten ansehen, und dann ist über die Rotation nichts zu ermitteln.

Vielleicht wird aber dennoch die photometrische Methode [96]), besonders das Argelander'sche Verfahren der Stufenschätzung, wie man es auf die veränderlichen Fixsterne anwendet, zum Ziele führen. Es wäre möglich, daß durch consequente Beobachtungen in diesem Sinne für die Veränderlichkeit der Lichtstärke eines Jupitertrabanten sich zwei Perioden herausstellten: eine ganz kurze und regelmäßige, die auf Rechnung der Rotation zu setzen wäre, also des Umstandes, daß wir nach und nach verschiedene Seiten des Mondes zu sehen bekommen; und eine sehr unregelmäßige längere oder kürzere Periode, die auf Wolkenbewegungen, vielleicht im Sinne Keeler's, zurückgeführt werden müßte. Das Herausfinden dieser Perioden wäre nicht eben leicht, weil jeder Mond während der Verfinsterung und des Durchganges sich der Lichtmessung entziehen würde; auch sonst würde es durch die Nähe des hellen Planeten erschwert. Als Vergleichs-Objecte eignen sich am besten Fixsterne, in deren Nähe der Planet manchmal, besonders in den Stillständen [10]), sehr lange zu verweilen scheint. Man müßte in den verschiedensten geographischen Längen Beobachter haben, um die Tageszeit, in welcher an einem Orte nicht beobachtet werden kann, anderwärts auszunutzen, damit die durch ungünstiges Wetter, Finsternisse und Vorübergänge verursachten Lücken nicht unnütz vermehrt werden. Es sind zu solchen Schätzungen bei der großen Helligkeit der Satelliten schon ganz kleine Fernrohre hinreichend. Für Deutschland, die deutschen Colonien und Seefahrer ist die „Vereinigung von Freunden der Astronomie und der kosmischen Physik" in ihrer Berliner Generalversammlung vom 14. Mai 1892 dem Plane näher getreten; man hat eine praktische und bequeme Angabe der vorausberechneten Stellungen der Monde und der etwa in der Nähe befindlichen brauchbaren Vergleichsterne in's Auge gefaßt.

Den Vorübergängen und Verfinsterungen der Trabanten entsprechen einigermaßen die Bedeckungen Jupiters durch den Erdmond. Da die Ebene, in welcher der Mond sich um die Erde bewegt, gegen die Ebenen der Planetenbahnen [105]) nur um wenige Grade geneigt ist, so kommt es häufig vor, daß er einen Planeten bedeckt, d. h. uns den Anblick desselben für einige Zeit entzieht. Wenn während der Mitte der Bedeckung die Linie, welche die Mittelpunkte von Planet und Mond verbindet, durch das Auge des Beobachters hindurchgeht, so ist die Bedeckung cen-

tral. Es gilt das nur für ein begrenztes Gebiet der Erde, da man anderwärts den sehr nahen Mond nördlicher oder südlicher sieht, den weit entfernten Planeten aber ungefähr überall an derselben Stelle des Himmels. Ein centraler Durchgang kann etwa eine Stunde dauern, wie man leicht einsieht, wenn man bedenkt, daß der Mond in $27^1/_3$ Tagen um die Erde läuft, also einen Bogen von 360° beschreibt, während er sich bei der Bedeckung nur um seinen eigenen Durchmesser, der etwa $^1/_2{}^\circ$ beträgt, zu verschieben hat. Die viel langsamere Eigenbewegung des Planeten und der Erde ist für die genäherte Betrachtung zu vernachlässigen [106]). Der Mond bewegt sich im Sinne aller Planeten-Bewegungen im Thierkreise, kommt also von Westen und berührt den Planeten zuerst äußerlich an der Pr-Seite: Eintritt, äußerer Contact; dann schiebt er sich über den Planeten hin, bis dieser gerade vollständig von ihm bedeckt ist: Eintritt, innerer Contact. Es verschwindet offenbar zuletzt der F-Rand des Planeten. Nach einiger Zeit taucht am Westrande des Mondes der Pr-Rand des Planeten wieder auf: Austritt, innerer Contact, und zuletzt der ganze Planet: Austritt, äußerer Contact. Bei der geringen scheinbaren Größe des Planeten ist der erste Moment vom zweiten nur wenig entfernt, und ebenso der dritte vom vierten.

Für den Abend des 7. August 1889 war eine Jupiter-Bedeckung durch den Mond vorausberechnet. Für Norddeutschland war der Durchgang beinahe central, wie sich aus den Zeiten des Ein- und Austrittes für Berlin leicht ergibt: Eintritt (d. h. Mitte zwischen dem 1. und 2. Contact; entsprechend beim Austritt) $8^h\ 12{,}5^m$; Austritt $9^h\ 15{,}7^m$. Leider stand der Mond sehr tief; denn es war Sommerzeit und $3^1/_2$ Tage vor dem Eintritt des Vollmondes. Wenn Jupiter bedeckt wird, so werden natürlich seine Monde auch nicht verschont. Dieses Mal wurden drei derselben der Reihe nach von unserm Monde bedeckt; einer dagegen, nämlich der innerste, war durch den Schatten seines mächtigen Centralkörpers verfinstert. Da der Mond noch nicht ganz voll, also am Ostrande noch ausgebrochen war, so fanden die Eintritte am dunkeln, die Austritte am hellen Mondrande statt, wie aus dem früher Gesagten sich leicht ergibt.

Bezeichnend für die Verschiedenheit, mit welcher selbst von geübtern Beobachtern Farbenunterschiede aufgefaßt werden, sind folgende Angaben: „Sehr auffallend war bei dem Austritte Jupiters die grünliche Farbe seiner Scheibe, welche sich von der bläulichen Farbe der Mondscheibe abhob." So ist in Dresden notirt worden. Ein Berliner Beobachter gibt dagegen Folgendes an: „Der Planet erschien bei dem Austritt auffallend bleich und fahl-bläulich im Vergleich mit dem intensiven

Licht des Mondes.“ Ein anderer Berliner Beobachter findet, daß der schwächer beleuchtete Theil des Planeten — über die Beleuchtung werden wir unten Näheres erfahren — in grünlich-grauem Lichte erschien. In Genf erschien die Jupiterscheibe grauroth gegenüber der glänzenden Mondscheibe. Daß Jupiter bedeutend dunkler war als unser Mond, wurde auch in Bothkamp bei Kiel bemerkt. Diese geringere Lichtstärke widerspricht durchaus nicht unsern frühern Angaben über die Albedo des Jupiter. Wir müssen nämlich bedenken, daß der Planet 5,2 Mal so weit als die Erde — und daher ungefähr auch 5,2 Mal so weit als der Mond — von der Sonne absteht. Er wird daher, wie wir bereits früher sahen, 27 Mal schwächer von ihr beleuchtet, muß also weniger glänzend erscheinen, obgleich er einen sehr hohen Bruchtheil des erborgten Lichtes reflectirt. Nicht aber dürfen wir die geringere Helligkeit der Oberfläche Jupiters auf seine größere Entfernung von der Erde zurückführen. Allerdings ist sein Gesammtlicht für uns etwa vier Millionen Mal schwächer, als wenn wir ihn ceteris paribus so nahe hätten wie unsern Mond. Aber die Flächenstücke, welche wir von ihm übersehen, sind auch entsprechend größer, so daß der Unterschied ausgeglichen wird. Dagegen ist zu berücksichtigen, daß wir die Ränder beider Himmelskörper beim Contact mit einander vergleichen, und daß der Rand Jupiters durch die hohe und dichte Atmosphäre des Planeten in der Lichtfülle sehr geschwächt wird, während unser Mond keine merkbare Lufthülle besitzt. Es darf uns also der geringere Glanz des Jupiter nicht Wunder nehmen. Die verschiedene Farbe wird zum Theil darauf zurückzuführen sein, daß der Abendhimmel vom Lichte der untergegangenen Sonne noch mehr oder weniger stark erhellt war. In dem östlicher gelegenen Berlin war es bereits dunkeler als zur gleichen Zeit in dem westlichern Genf, dessen Tageslänge im Sommer an sich schon geringer ist.

Eine ganz sonderbare Wahrnehmung ist nun an verschiedenen Orten während des Austrittes gemacht worden. Es sei bemerkt, daß der Austritt etwas weniger als zwei Minuten dauerte, gerechnet vom dritten Contact bis zum vierten. Während der Mitte dieser Zeit befand sich also der Mittelpunkt des Planeten für den Beobachter genau hinter dem hellen (westlichen) Mondrande, und es war die Hälfte des Planeten neben dem Monde sichtbar. Die unerwartete Wahrnehmung bestand nun nach dem sehr genauen und durch eine sorgfältige Zeichnung erläuterten Berichte der Bothkamper Sternwarte „darin, daß sich auf der im Verhältniß zum Monde recht dunkeln Jupiter-Scheibe während der letzten zwei Drittel ihres Austretens ein ziemlich scharf begrenzter Schatten zeigte, welcher in einer Breite von etwa $^1/_5$ des Jupiter-Durchmessers

und vom südlichen bis zum nördlichen Rande des Planeten am Mondrande haftend, sich in dem weitern, noch etwas mehr als eine Minute dauernden Verlaufe des Hervortretens nicht zu verändern schien. Die hellen und dunkeln Zonen des Planeten konnten im Bereich des Schattens mit verminderter Intensität, aber vollkommener Deutlichkeit wahrgenommen werden. In der auf dem Jupiter gelegenen Begrenzung desselben wurde ein Parallelismus mit den Umrissen dreier sich auf die Planetenscheibe projicirenden, übrigens mäßig steilen, Randberge des Mondes nicht bemerkt".

Was in dem elfzölligen Refractor von Bothkamp bei 270facher Vergrößerung mit vollkommener Deutlichkeit beobachtet wurde und vielleicht auf eine doch etwas erheblichere brechende Kraft der Mond-Atmosphäre hinweist, wenn man es nicht für eine wunderbare Augentäuschung in der Art der von Pickering bemerkten halten will — das erschien mehr oder weniger abgeschwächt auch solchen Beobachtern, die mit geringern optischen Mitteln ausgerüstet waren. „Bei dem Austritte des Jupiter schien die Jupiter-Scheibe durch einen dunkeln Streifen von verwaschenem Aussehen von der Mondscheibe bereits getrennt, als dies nach Ergänzung des entferntern Theiles der Jupiter-Scheibe noch nicht der Fall sein konnte." So ist in Gotha bei 51facher Vergrößerung beobachtet worden. Zu Kis Kartal in Ungarn zeigte sich „ein etwas verschwommener Saum, der die Mondscheibe umgab", bei 100facher Vergrößerung. Zu Berlin wandte ein Beobachter 200fache Vergrößerung an und bemerkt von dem austretenden Planeten: „Ueber seine Scheibe zog sich längs des Mondrandes ein leicht schattirter dunkeler Streifen in der Breite von einigen wenigen Bogen-Secunden, welcher eine directe Fortsetzung des schmalen Farbensaumes [107]) zu sein schien, der außerhalb des Jupiter den Mondrand begrenzte." Ein anderer Beobachter in Berlin, der wieder mit einem schwächern Instrument arbeitete, notirt Folgendes: „Der dem Monde zugekehrte Theil der Planeten-Oberfläche schien (wohl wegen des Licht-Contrastes) erheblich schwächer beleuchtet als der abgewandte; dies blieb auch noch längere Zeit nach dem Austritt bestehen, war also unabhängig von der Berührung beider Körper." Die Parenthese rührt vom Beobachter, nicht von uns her; das sehr große Bothkamper Bild spricht wohl nicht für den physiologischen Charakter der Erscheinung. — Von Löwen, wo Terby mit 150fach vergrößerndem Instrument die Erscheinung verfolgte, wird gemeldet, daß die Jupiter-Scheibe weder beim Eintritt, noch beim Austritt die geringste Verzerrung erfuhr, wie eine solche hätte stattfinden müssen, wenn die lichtbrechende Kraft der Mond-Atmosphäre sehr groß wäre. Sonderbarer Weise hat Terby anscheinend nichts von dem dunkeln Saum wahrgenommen.

Wir haben die Beobachter selbst reden lassen. Es ist zu berücksichtigen, daß der ganze Austritt knapp zwei Minuten dauerte, innerhalb welcher der Beobachter das Bild im Fernrohr verfolgen und gleichzeitig die Secunden-Schläge eines Chronometers zählen mußte.

Die Occultation vom 7. August hat der Wissenschaft noch kein bestimmtes Resultat gegeben, sie hat aber anregend gewirkt; man weiß nun, worauf man bei spätern Occultationen zu achten hat. Man wird die weitern Bedeckungen Jupiters und der übrigen Planeten in den angedeuteten Richtungen sorgfältig beobachten müssen, um den etwaigen Vermuthungen über die Ursache des schwarzen Saumes eine bestimmte Grundlage zu geben.

Die americanischen Riesen-Instrumente konnten zur Beobachtung unserer Occultation nicht verwandt werden, weil für America die Bedeckung am hellen Nachmittag stattfand.

Die Bedeckungen der Jupiters-Monde haben natürlich noch weniger Positives ergeben. Die scheinbaren (und natürlich auch die wirklichen) Durchmesser der Trabanten sind 27 bis 41 Mal kleiner als der Durchmesser des Jupiter-Aequators. Daraus folgt, daß die Ein- und Austritte der Trabanten, also die Intervalle vom ersten zum zweiten und vom dritten zum vierten Contact, nur zwei bis vier Secunden dauerten. Einige Beobachter melden ein plötzliches, an Fixstern-Bedeckungen erinnerndes Verschwinden, Andere ein langsames Auslöschen der Satelliten. Ferner wird aus Dresden gemeldet, daß die Trabanten nach ihrem Austritt erst in erheblicher Entfernung vom Mondrande wieder wahrgenommen wurden.

Die Riesen-Instrumente der neuesten Zeit — der Sechsunddreißigzöller ist, so viel wir wissen, auf eine Jupiters-Bedeckung noch nicht angewandt worden —, sind vielleicht mit Hülfe der Photographie dereinst im Stande, diese seltsamen Phänomene genauer aufzufassen und aus ihnen richtige Schlüsse auf die physische Beschaffenheit des gewaltigen Himmelskörpers und seiner Begleiter zu ziehen.

Wieder eine andere Art von Occultationen sind die Bedeckungen von Fixsternen durch Planeten, vorzüglich durch Jupiter. Auch diese Erscheinungen werden der Jupiter-Physik dienen können. Wenn der Erdmond für uns einen Fixstern bedeckt, so wird dieser plötzlich, ohne vorhergehende Lichtschwächung, ausgelöscht. Die Fixsterne haben nämlich keinen meßbaren Durchmesser, und die Lichtbrechung in der jedenfalls sehr dünnen Mond-Atmosphäre ist verschwindend gering. Bei Jupiter verhält sich die Sache in mehrern Beziehungen anders. Der Planet bewegt sich äußerst langsam und hat einen sehr kleinen Winkeldurchmesser. Aus beiden Gründen werden die Occultationen von Fixsternen durch

und vom südlichen bis zum nördlichen Rande des Planeten am Mondrande haftend, sich in dem weitern, noch etwas mehr als eine Minute dauernden Verlaufe des Hervortretens nicht zu verändern schien. Die hellen und dunkeln Zonen des Planeten konnten im Bereich des Schattens mit verminderter Intensität, aber vollkommener Deutlichkeit wahrgenommen werden. In der auf dem Jupiter gelegenen Begrenzung desselben wurde ein Parallelismus mit den Umrissen dreier sich auf die Planetenscheibe projicirenden, übrigens mäßig steilen, Randberge des Mondes nicht bemerkt".

Was in dem elfzölligen Refractor von Bothkamp bei 270facher Vergrößerung mit vollkommener Deutlichkeit beobachtet wurde und vielleicht auf eine doch etwas erheblichere brechende Kraft der Mond-Atmosphäre hinweist, wenn man es nicht für eine wunderbare Augentäuschung in der Art der von Pickering bemerkten halten will — das erschien mehr oder weniger abgeschwächt auch solchen Beobachtern, die mit geringern optischen Mitteln ausgerüstet waren. „Bei dem Austritte des Jupiter schien die Jupiter-Scheibe durch einen dunkeln Streifen von verwaschenem Aussehen von der Mondscheibe bereits getrennt, als dies nach Ergänzung des entferntern Theiles der Jupiter-Scheibe noch nicht der Fall sein konnte." So ist in Gotha bei 51facher Vergrößerung beobachtet worden. Zu Kis Kartal in Ungarn zeigte sich „ein etwas verschwommener Saum, der die Mondscheibe umgab", bei 100facher Vergrößerung. Zu Berlin wandte ein Beobachter 200fache Vergrößerung an und bemerkt von dem austretenden Planeten: „Ueber seine Scheibe zog sich längs des Mondrandes ein leicht schattirter dunkeler Streifen in der Breite von einigen wenigen Bogen-Secunden, welcher eine directe Fortsetzung des schmalen Farbensaumes [107]) zu sein schien, der außerhalb des Jupiter den Mondrand begrenzte." Ein anderer Beobachter in Berlin, der wieder mit einem schwächern Instrument arbeitete, notirt Folgendes: „Der dem Monde zugekehrte Theil der Planeten-Oberfläche schien (wohl wegen des Licht-Contrastes) erheblich schwächer beleuchtet als der abgewandte; dies blieb auch noch längere Zeit nach dem Austritt bestehen, war also unabhängig von der Berührung beider Körper." Die Parenthese rührt vom Beobachter, nicht von uns her; das sehr große Bothkamper Bild spricht wohl nicht für den physiologischen Charakter der Erscheinung. — Von Löwen, wo Terby mit 150fach vergrößerndem Instrument die Erscheinung verfolgte, wird gemeldet, daß die Jupiter-Scheibe weder beim Eintritt, noch beim Austritt die geringste Verzerrung erfuhr, wie eine solche hätte stattfinden müssen, wenn die lichtbrechende Kraft der Mond-Atmosphäre sehr groß wäre. Sonderbarer Weise hat Terby anscheinend nichts von dem dunkeln Saum wahrgenommen.

Wir haben die Beobachter selbst reden lassen. Es ist zu berücksichtigen, daß der ganze Austritt knapp zwei Minuten dauerte, innerhalb welcher der Beobachter das Bild im Fernrohr verfolgen und gleichzeitig die Secunden-Schläge eines Chronometers zählen mußte.

Die Occultation vom 7. August hat der Wissenschaft noch kein bestimmtes Resultat gegeben, sie hat aber anregend gewirkt; man weiß nun, worauf man bei spätern Occultationen zu achten hat. Man wird die weitern Bedeckungen Jupiters und der übrigen Planeten in den angedeuteten Richtungen sorgfältig beobachten müssen, um den etwaigen Vermuthungen über die Ursache des schwarzen Saumes eine bestimmte Grundlage zu geben.

Die americanischen Riesen-Instrumente konnten zur Beobachtung unserer Occultation nicht verwandt werden, weil für America die Bedeckung am hellen Nachmittag stattfand.

Die Bedeckungen der Jupiters-M o n d e haben natürlich noch weniger Positives ergeben. Die scheinbaren (und natürlich auch die wirklichen) Durchmesser der Trabanten sind 27 bis 41 Mal kleiner als der Durchmesser des Jupiter-Aequators. Daraus folgt, daß die Ein- und Austritte der Trabanten, also die Intervalle vom ersten zum zweiten und vom dritten zum vierten Contact, nur zwei bis vier Secunden dauerten. Einige Beobachter melden ein plötzliches, an Fixstern-Bedeckungen erinnerndes Verschwinden, Andere ein langsames Auslöschen der Satelliten. Ferner wird aus Dresden gemeldet, daß die Trabanten nach ihrem Austritt erst in erheblicher Entfernung vom Mondrande wieder wahrgenommen wurden.

Die Riesen-Instrumente der neuesten Zeit — der Sechsunddreißigzöller ist, so viel wir wissen, auf eine Jupiters-Bedeckung noch nicht angewandt worden —, sind vielleicht mit Hülfe der Photographie dereinst im Stande, diese seltsamen Phänomene genauer aufzufassen und aus ihnen richtige Schlüsse auf die physische Beschaffenheit des gewaltigen Himmelskörpers und seiner Begleiter zu ziehen.

Wieder eine andere Art von Occultationen sind die Bedeckungen von Fixsternen durch Planeten, vorzüglich durch Jupiter. Auch diese Erscheinungen werden der Jupiter-Physik dienen können. Wenn der Erdmond für uns einen Fixstern bedeckt, so wird dieser plötzlich, ohne vorhergehende Lichtschwächung, ausgelöscht. Die Fixsterne haben nämlich keinen meßbaren Durchmesser, und die Lichtbrechung in der jedenfalls sehr dünnen Mond-Atmosphäre ist verschwindend gering. Bei Jupiter verhält sich die Sache in mehrern Beziehungen anders. Der Planet bewegt sich äußerst langsam und hat einen sehr kleinen Winkeldurchmesser. Aus beiden Gründen werden die Occultationen von Fixsternen durch

ihn ziemlich seltene und nicht leicht vorauszuberechnende Ereignisse sein, wie sie denn, ähnlich den Fixstern-Occultationen durch andere Planeten, erst in den letzten Jahren durch Berberich systematisch berechnet und angekündigt wurden. Die langsame Bewegung — durchschnittlich 360° in etwa 4320 Tagen, d. h. 1° in 12 Tagen, 1′ in 4,8 Stunden — bringt es weiter mit sich, daß Eintritt und Austritt nur unsicher zu beobachten sind. Bewegt sich doch Jupiter scheinbar 160 Mal langsamer als unser Mond! Trotzdem werden auch diese Occultationen weiteres Material zur Jupiter-Physik liefern; man wird bei der Länge der Zeit eine lang andauernde Lichtschwächung des Sternes wahrnehmen müssen, wenn der Planet sich vor ihm her schiebt, und beim Austritt werden die Erscheinungen sich im Ganzen in umgekehrter Reihenfolge wiederholen. In den Stillständen und überhaupt dann, wenn des Planeten scheinbare Bewegung sich sehr langsam vollzieht, wird das Phänomen sehr in die Länge gezogen.

X. Sind die Satelliten bewohnbar?

Mit Vorliebe wird von denjenigen Kosmographen, die das menschliche Geschlecht oder doch die organische Welt in die fernsten Räume projiciren wollen, einer Bewohnbarkeit der Trabantenwelt Jupiters das Wort geredet, da der gewaltige Planet selbst für organisirte Geschöpfe gegenwärtig ein nicht sehr geeigneter Aufenthaltsort zu sein scheint. Indem wir die bei dieser Frage mitsprechenden Factoren einer Betrachtung unterziehen, können wir, mit Rücksicht auf die ausführlichen Erörterungen des VII. Capitels, uns ziemlich kurz fassen. Die wahren Durchmesser der vier Himmelskörper werden der Reihe nach auf 381, 341, 558 und 477 myriom.[108]) angegeben. Die Zahlen sind mit der kleinen Unsicherheit der Sonnen-Parallaxe[10]) und den großen wahrscheinlichen Fehlern der Winkelmessungen behaftet, auf denen sie beruhen. Zum Vergleich mögen die sehr genau bekannten Durchmesser der Erde und des Erdmondes dienen: 1276 (äquatoreal) und 348 myriom. Es ist also der zweite Mond ungefähr eben so groß wie der unserige, der erste etwas größer. Der vierte Mond ist fast so groß wie der Planet Mercur, der 479 myriom. Durchmesser hat; der dritte ist größer als dieser Planet und um einen etwas höhern linearen Betrag kleiner als Mars, dessen Durchmesser 674 myriom. beträgt. Weitaus die meisten Asteroiden müssen den großen Begleitern Jupiters gegenüber als winzige Körperchen bezeichnet werden. Die Aehnlichkeit mit Mercur, Mars nnd dem Erdmonde verschwindet aber, wenn wir die Massen betrachten. Alle vier Monde zusammen haben, wie wir früher sahen, etwa den 6000. Theil

der Jupitermasse oder etwas mehr als den 20. der Erdmasse. Ihre Dichtigkeiten ergeben sich, wieder mit ziemlicher Unsicherheit, aus der Combination von Masse und Größe [19]); wir führen sie hier nach Littrow im Verhältniß zur Dichte Jupiters an; aus diesem haben wir die andern Verhältnisse abgeleitet.

Verhältniß zur Dichte

des:	I.	II.	III.	IV.
Jupiter	0,52	1,00	0,87	0,67
Erdballes	0,13	0,25	0,22	0,17
Mercur	0,16	0,31	0,27	0,21
Mars	0,18	0,34	0,30	0,24
Erdmondes	0,21	0,40	0,35	0,27

Hierbei ist zu bemerken, daß Mercur am wenigsten einen Vergleich zuläßt, weil seine Masse nach den üblichen Methoden sich bisher nicht genau ermitteln ließ und auch seine Oberflächenbeschaffenheit trotz der schönen Arbeiten von Schiaparelli noch nicht als genau bekannt angesehen werden darf. Wir sehen nun, daß alle vier Trabanten von denjenigen Himmelskörpern, denen sie in der Größe am nächsten stehen, sich gar sehr durch die geringe Dichtigkeit unterscheiden. Man könnte nun so schließen: Da die Monde mit einem ziemlich geringen Volumen, also einer verhältnißmäßig großen Oberfläche, eine geringe Masse verbinden, so muß ihr geringer Wärmevorrath längst aufgebraucht sein, und sie sind so gut wie ausschließlich auf die Wärme angewiesen, die sie von der Sonne und allenfalls vom Jupiter selbst erborgen. Man könnte aber auch sagen: Die geringen Dichtigkeiten beweisen, daß diese Sternchen, so gut wie Jupiter selbst und die Sonne, noch sehr heiß sind, da sie sonst durch die Kälte erheblich zusammengezogen sein würden. Um die hohe Temperatur mit dem geringen Volumen zusammenzureimen, müssen wir dann eine sehr späte Entstehung der Monde annehmen und kommen damit auf das Gebiet unsicherer Speculationen.

Bei der zweiten Annahme werden die Trabanten sich ähnlich verhalten wie Jupiter selbst, d. h. es werden ihre Wetter-Erscheinungen in erster Linie von der Eigenwärme bestimmt, und die zugeführte Wärme ruft nur Neben-Effecte hervor, vielleicht in ähnlicher Weise wie beim Jupiter. Auch die Einwohnerfrage wird dann ähnlich wie bei dem Centralkörper zu beantworten sein. Halten wir aber die erste Annahme für wahrscheinlicher, so haben wir es a. mit einer sehr geringen Sonnenwärme zu thun, da sie unter sonst gleichen Bedingungen nur den 27. Theil der auf die Erde verwandten beträgt; b. mit der Jupiterwärme; c. mit der Axendrehung, und d. den Gezeiten. Nun ist das zweite und nicht minder das dritte Stück wieder so gut wie unfaßbar.

Jupiter ist von seinem ersten Trabanten um etwa 6 von seinen eigenen Aequator-Halbmessern entfernt, von der Sonne im Mittel um 11 000 derselben Radien. Die Angaben beziehen sich auf die Entfernung der Mittelpunkte der Himmelskörper. Bei der sehr weit entfernten Sonne kann man die angegebene Zahl für alle Theile der Jupiter-Oberfläche gelten lassen; nicht so bei dem Trabanten, da dieser offenbar von dem ihm zugewandten Theile der Planeten-Oberfläche nicht um 6 Radien, wie vom Mittelpunkt, sondern nur um 5 Radien absteht. Jedenfalls sind also die einzelnen Theile der Jupiter-Oberfläche um 5—6 Aequator-Halbmesser von dem Trabanten entfernt, also 2000—2200 Mal näher bei ihm als die Sonne. Die vom Jupiter aus auf den Trabanten ausgeübte Strahlung wäre daher, da sie dem Quadrat der Entfernung umgekehrt proportional ist, mehre millionen Mal stärker als die Sonnenstrahlung, d. h. wenn Jupiter an sich eben so viel Wärme ausstrahlte wie die Sonne. Gibt er einige millionen Mal weniger Wärme ab, so lassen sich beide Strahlungen vergleichen. Diese Vergleichbarkeit ist nun sehr wohl möglich. Da der Planet etwas über hundert Mal weniger Oberfläche hat als die Sonne, so würde, wenn jedes Theilchen 40—60 000 Mal weniger Wärme ausstrahlte als ein gleich großes Theilchen der Sonnen-Oberfläche, das Verhältniß so ungefähr herauskommen. Wahrscheinlich wird es sich aber erheblich zu Gunsten Jupiters verschieben, und es tritt vielleicht erst auf dem letzten Trabanten, wo die Strahlung vom Jupiter 20 Mal geringer ist als auf dem ersten, eine Vergleichbarkeit mit der Sonnenstrahlung ein. Bei dem anscheinenden Mangel an guten neuern Bestimmungen der strahlenden Wärme Jupiters ist eine Entscheidung nicht gut möglich. Doch hat Keeler wohl Recht, wenn er, wie wir sahen, die Wetter-Erscheinungen auf den Monden von der Jupiterstrahlung abhängig macht, sobald nur überhaupt das Vorhandensein einer Luft- und Wasserhülle anzunehmen ist. Die Strahlung muß dann dem größten Wechsel unterliegen. Bedenken wir die Verschiedenheit der einzelnen Gebilde der Jupiter-Oberfläche, das zeitweilige Auftauchen von großen Gebilden, die, wie der vielgenannte Fleck, nach gut begründeter Ansicht als Durchbrechungen der Wolkenhülle aufzufassen sind, vermittels deren das glühende Innere einen Ausweg sucht; bedenken wir, daß Jupiter einen Theil der erhaltenen Sonnenwärme mit großer Kraft auf die Monde zurückstrahlen wird, sobald sie Neumonde sind, d. h. vom Centralkörper aus in der gleichen Richtung wie die Sonne gesehen werden; erwägen wir weiter, daß die Sonnenstrahlen in den äußersten Schichten der Jupiter-Atmosphäre vielleicht Wirkungen zeitigen, welche einen erhöhten Verlust von Eigenwärme bedeuten und daß über die von uns abgewandte Nachtseite des Planeten uns nichts Zuverlässiges bekannt ist: so erhalten

wir ein fast unentwirrbares Netz von Wirkungen und Gegenwirkungen, und dieses Netz wird von zwei weitern Factoren durcheinandergezerrt. Die Sichtbarkeit der Sonne und des Jupiter für einen Mond wird nämlich durch die Rotation des Mondes bestimmt, von der man zwar mit gutem theoretischen Fug, aber doch nicht auf Grund einwurfsfreier Beobachtungen an allen Satelliten behaupten kann, daß sie in der gleichen Zeit sich vollzieht wie der Umlauf. Nehmen wir nun noch die Gezeiten hinzu, die von Jupiter auf den Monden bewirkt werden und bei der großen Nähe des massenhaften Himmelskörpers ganz bedeutend ausfallen müssen, so begreifen wir die Schwierigkeit, so viele Effecte rechnerisch von einander zu trennen. Es ist möglich, daß gewisse, in neuester Zeit beobachtete räthselhafte Erscheinungen, wie die Theilung eines vorübergehenden Mondes, seine ellipsoidale Gestalt u. dgl., auf stürmische Vorgänge in den Atmosphären sich zurückführen lassen; aber die rein optische Erklärung ist auch nicht ohne Weiteres abzuweisen.

Gäbe es Satelliten-Bewohner — und wer will die Möglichkeit leugnen? —, so würde der gestirnte Himmel ihnen ein prächtiges Schauspiel bieten. Die Sonne freilich erschiene ihnen, und ebenso den sehr problematischen Bewohnern ihres Centralkörpers, im Durchmesser 5,2 Mal, in der Oberfläche 27 Mal kleiner als uns. Vom Jupiter selbst aus gesehen erscheint der erste Mond unter einem Winkeldurchmesser von 31′ (Bogenminuten), also etwa so groß, wie uns der unserige; der zweite und dritte nur mehr 18′ groß (da der dritte in Bezug auf Entfernung und Größe den zweiten in gleichem Verhältnisse übertrifft); der vierte nur mehr 9′ groß, also kleiner als der Abstand des bekannten „Reiterleins" im Sternbilde des großen Bären von dem benachbarten Hauptstern. Die Größe, in welcher die Sonne den Bewohnern des Jupitersystems erscheinen würde, nämlich 6′, ist etwa dem Abstand der zwei eng benachbarten Sternchen a_1 und a_2 im Bilde des Steinbockes gleich, die ein gutes Auge zu trennen vermag. Ohne Zweifel würde die Sonne, da ihr Glanz derselbe wäre wie bei uns [109]), in Wahrheit einen etwas größern Eindruck machen, als jene Rechnung zeigt, und Aehnliches würde von den Monden gelten.

Jupiter selbst erschiene von den einzelnen Monden aus in der Oberfläche 1400, 600, 240, 80 Mal größer als uns die Sonne; durch Multiplication dieser Zahlen mit 27 würde man die Verhältnisse erhalten, in denen er größer erscheint als die Sonne für die Bewohner des Jupitersystems selber.

Die Größen der einzelnen Monde, aus dem Jupiter gesehen, würden sehr veränderlich sein, weil die Trabanten dem ihnen zugewandten Theil der Oberfläche weitaus am nächsten sind. Der Wechsel wäre am auf-

fallendsten für den ersten Mond und würde sich bei allen mit dem Wechsel der Lichtgestalt und den häufigen Finsternissen zu einem stets neuen und reizvollen Bilde verbinden.

Setzt man die Zeiten des Umlaufs und der Axendrehung einander gleich, so ergibt sich, daß, von einem Satelliten aus gesehen, der Centralkörper unbeweglich [102]) an derselben Stelle des Himmels verharrt, während Sonne und Sterne hinter ihm einherziehen und die erstere für einen großen Theil des Tages verfinstert wird [110]).

Von einem Trabanten aus werden die Brudermonde in äußerst wechselvollen Lichtgestalten und scheinbaren Größen sich zeigen; man wird von einem entferntern aus die nähern vor Jupiter und ebenso vor der kleinen Sonne einherziehen sehen. Thatsächlich haben irdische Beobachter zuweilen den Schatten eines Mondes auf einem andern bemerkt. — Jupiter selbst, die gewaltige Scheibe mit ihren Flecken und Aequatorealstreifen, macht Sichelgestalten und Viertel durch, genau wie für uns der Mond.

Vielleicht aber werden stürmische Vorgänge in den Atmosphären der Monde nur selten einen Ausblick auf all' diese Herrlichkeiten gestatten, wie denn überhaupt das ganze Bild eine Art Ergebniß der rechnenden Phantasie ist und nur die mögliche Erfahrung eines Erdenbürgers betrifft. Welche Wesen vielleicht jetzt oder später die wunderbare Welt bevölkern können, in die wir den Leser einzuführen versucht haben — wer möchte auf Grund unserer mangelhaften Kenntniß auf eine solche Frage der schaffenden Allmacht die richtige Antwort vorschreiben!

Wenn unsere Betrachtung, freundlicher Leser, den Erfolg gehabt hat, dir einen Begriff zu geben sowohl von der Schwierigkeit der Aufgaben, welche die Mechanik und Physik des Jupitersystems an scharfsinnige Rechner und sorgfältige Beobachter stellt, als auch von den manchfachen Beziehungen, in welche die Erforschung des gewaltigen Planeten und seiner Trabantenwelt zu den verschiedensten Zweigen des Wissens getreten ist, und nicht zum letzten von der Herrlichkeit und Größe des Weltgebäudes, das der Schöpfer zu seines Namens Ehre nach einfachen großen Gesetzen sich bilden und bewegen hieß: dann ist die Mühe, die du beim Betreten ungewohnter und vielleicht dorniger Pfade aufgewendet hast, nicht vergeblich gewesen; dann wird Jupiter dir in Wahrheit sein, was er in den Zeiten eines unbegründeten, von Religion und Wissenschaft endlich besiegten Wahnglaubens den Großen dieser Erde sein sollte: ein Zeichen guter Vorbedeutung, ein freundliches Himmelslicht, ein schöner und glückverheißender Stern.

Anmerkungen.

[1]) Gerechnet für einen Beobachter nördlich vom Wendekreise des Krebses.

[2]) In dem Sinne, daß alles Leben auf der Erde und den meisten andern Planeten erlöschen müßte, wenn die Sonnenstrahlen nicht mehr thätig wären.

[3]) Ein Myriometer, d. h. die Strecke von 10 000 Metern oder 10 Kilometern, wird von einem gewöhnlichen Fußgänger in 2 Stunden, von einem Wagen in sog. vorschriftsmäßigem Trabe in einer Stunde, von einem Schnellzuge unter Umständen in 10 Minuten, vom Schall in 30 Secunden, vom Licht in $^1/_{30000}$ Secunde zurückgelegt. Wir werden in dieser Vereinsschrift, ähnlich wie in der frühern (1888 III), uns des Myriometers als Längenmaßes bedienen, weil es kleine übersichtliche Zahlen gibt.

[4]) Ὁ ἥλιος ἐκλείπει, die Sonne verfinstert sich.

[5]) Allerdings macht die Sonne kleine Bewegungen um den gemeinsamen Schwerpunkt des ganzen Planetensystems; außerdem schreitet sie mit ihrem ganzen Anhang von Planeten, Monden und Kometen im Weltraume weiter. Für unsern Zweck darf aber von diesen Bewegungen abgesehen werden.

[6]) Ueber die Fixsterne und die Sonne vergl. die Vereinsschriften 1884 III, 1885 II und III, 1888 III.

[7]) Ein größter Kreis oder Hauptkreis auf einer Kugel, z. B. auf dem Himmelsgewölbe, ist ein Kreis, dessen Mittelpunkt der Mittelpunkt der Kugel selbst ist. Auf einer Kugel, z. B. auf der Erdkugel, „in gerader Linie" sich bewegen, heißt, „einen größten Kreis beschreiben". So liegen z. B. Paris, Constantinopel und Mascat ungefähr auf einem größten Kreise.

[8]) Erst viel später hat man die sehr geringe Abplattung der Erde mit Sicherheit festgestellt. Vgl. Anm. 12.

[9]) Vgl. z. B. die erste Karte in Stieler's Schul-Atlas.

[10]) Für Leser, die mit der Sache vertrauter sind, bemerken wir, daß die hier gewählten Zahlen auf der Newcomb'schen Sonnen-Parallaxe 8″,848 beruhen. Eine neuere sehr sorgfältige Untersuchung von Wm. Harkneß (The solar parallax and its related constants, Washington 1891) gibt 8″,809, eine Zahl, deren Unsicherheit von Harkneß auf 0″,0057 angegeben wird und die eine Vergrößerung der Entfernungen um etwa den 230. Theil bedeuten würde. Dagegen hat Professor Deichmüller (vergl. V. J. S. der Astron. Gesellschaft, XXVI, S. 283) nach einer einwurfsfreien Methode 8″,93 abgeleitet, was eine Verkleinerung aller Entfernungen um ihren 110. Theil bedeuten würde. In Uebereinstimmung mit einem guten Kenner der Materie glaubten wir an 8″,848 zunächst festhalten zu sollen. — Aus den Beobachtungen der Venus-Durchgänge von 1874 und 1882 leitet Auwers (Astron. Nachr. 3066) 8″,880 ab; dieser Zahl, die ein großes Gewicht hat, entspräche eine Verkleinerung unserer linearen Größen um ihren 170. Theil.

Die heliocentrischen, d. h. von der Sonne aus gerechneten Längen Jupiters sind in nachstehender Tafel für die Jahre 1891—1893 angegeben. Der Leser wird hierdurch in

den Stand gesetzt, auf einer Karte des Planetensystems den Ort Jupiters für jeden Tag dieser Jahre mit ziemlicher Genauigkeit anzugeben; und da dieses für die Erde noch leichter ist (deren helioc. Längen am 20. März, 21. Juni, 22. September, 21. December, bez. gleich 180°, 270°, 0°, 90° sind), so kann der Leser sich ein treues Bild von der jeweiligen Lage der drei Himmelskörper, Sonne, Erde und Jupiter machen; zur Bequemlichkeit führen wir aber auch noch die heliocentrischen Längen der Erde an.

Heliocentrische Längen des Jupiter und der Erde 1891—1893.

1891.			1892.			1893.		
Tag	Längen		Tag	Längen		Tag	Längen	
	♃	♁		♃	♁		♃	♁
Jan. 11	322°	111°	Jan. 6	**354°**	106°			
Febr. 20	325	152	Febr. 15	358	**146**	Febr. 9	31°	141°
April 1	329	191	März 26	1	186	März 21	34	181
Mai 11	332	230	Mai 5	5	225	April 30	38	220
Juni 20	336	269	Juni 14	9	264	Juni 9	42	259
Juli 30	340	307	Jul. 24	12	302	Juli 19	45	297
Sept. 8	343	345	Sept. 2	16	340	Aug. 28	49	335
Oct. 18	347	25	Oct. 12	20	20	Oct. 7	53	14
Nov. 2	351	95	Nov. 21	23	60	Nov. 16	56	54
			Dec. 31	27	100	Dec. 26	60	95

Es bedeutet ♃ Jupiter, ♁ Erde.

Die Tafel zeigt übrigens auch, daß Jupiter im Perihel sich schneller bewegt als durchschnittlich. Er müßte nämlich bei gleichförmiger Geschwindigkeit in einem Jahre 30—31° Länge zurücklegen, da er knapp 12 Jahre zum Umlauf gebraucht. Vergleichen wir jedoch die für 1891 Juni 20, 1892 Juni 14, 1893 Juni 9 angegebenen Zahlen, so sehen wir, daß gegenwärtig in etwas weniger als einem Jahre schon 33° zurückgelegt werden. Am 24. Juli 1892 geht aber Jupiter durch sein Perihel (Länge 12°). Nach 6 Jahren, wenn er im Aphel ist, wird die jährliche Bewegung nur etwa 28° ausmachen. Auch bei der Erde kann man trotz der schwachen Excentricität bemerken, daß sie im Perihel (um Neujahr) sich etwas rascher bewegt als im Aphel (um den 1. Juli). — Wenn man die heliocentrische Länge der Erde um 180° vermehrt oder vermindert, so erhält man die geocentrische (von der Erde aus gerechnete) Länge der Sonne, d. h. die Randzahl, in deren Richtung auf unserer Karte die Sonne, von der Erde aus betrachtet, stehen muß. Die geocentrische Sonnenlänge wird also z. B. am 9. Februar 1893 gleich 141° + 180° = 321°, am 19. Juli desselben Jahres gleich 297° — 180° = 117° sein.

Verfolgen wir nun einmal die scheinbare Bewegung Jupiters durch einen längern Zeitraum. Am 21. März 1892 hatte dieser Planet etwa die helioc. Länge 1°, die Erde 181°. Von der Sonne aus hätte man also beide Körper einander gegenüber gesehen. Von der Erde aus gerechnet, stand dagegen Jupiter weit hinter der Sonne, und zwar ein wenig südlich von ihr, da er, wie wir wissen, seinem südlichsten Punkte (9°) ziemlich nahe war. Diese Stellung, bei welcher Jupiter und die Sonne die gleiche geocentrische Länge haben, heißt nun Conjunction, und es ist der Planet in derselben offenbar nie zu sehen, es möchte denn eine totale Sonnenfinsterniß ihn für kurze Zeit sichtbar werden lassen. In Folge der Bewegung beider Planeten um die Sonne beginnt nun aber das Bild sich zu ändern. Ein Lineal, das wir auf der Karte durch die jeweiligen Oerter der beiden Wandelsterne legen, zeigt uns, daß Jupiter auch für einen irdischen Beobachter sich nach

links zu verschieben scheint, und zwar in der Conjunction am schnellsten. Zugleich sieht man die Sonne sich immer mehr nach links von ihm entfernen; er wird also in der Morgendämmerung sichtbar oder hat seinen heliakischen Aufgang. Bereits um die Mitte des Maimonats war er kurz vor Sonnenaufgang recht gut zu sehen. Hierbei sei bemerkt, daß der Planet auch bei Tage selbst von mäßig guten und geübten Augen gesehen werden kann, wenn die Sonne nicht zu nahe ist, und die Auffindung Jupiters etwa durch die nahestehende Mondsichel erleichtert wird.

Am 15. Juli 1892 ist Jupiter mit der Sonne in Quadratur, d. h., das von diesen beiden Körpern und der Erde gebildete Dreieck ist bei der Erde rechtwinkelig. Vom Jupiter aus würde man also mit einem starken Fernrohr in diesem Augenblick die Erde genau halb beleuchtet sehen; und denselben Anblick gewähren uns unter ähnlichen Verhältnissen die Planeten Mercur und Venus. Aber auch Jupiter kann in seiner Quadratur uns nicht als volle, leuchtende Scheibe erscheinen. Es ist vielmehr der von der Sonne abgewandte Rand, im vorliegenden Fall für uns der rechte, oder im umkehrenden Fernrohr der linke, „etwas verwaschen und mit bläulichem Anfluge" zu sehen, wie früher von Flaugergues und Mädler, neuestens von Schur in Göttingen festgestellt wurde. Außerhalb der Zeit der Quadraturen (und der ihnen nächstliegenden Wochen) ist das nicht wahrzunehmen, weil wegen der großen Entfernung Jupiters die Fläche, welche er der Sonne zuwendet, also die beleuchtete Fläche, immer fast ganz mit der der Erde zugewandten Seite zusammenfällt. — In dieser Quadratur geht Jupiter ungefähr um 6 Uhr Morgens durch den Meridian; der Aufgang findet mitten in der Nacht, der Untergang in der Mittagszeit statt.

Von der Erde aus gesehen verschiebt sich jetzt der Planet nur sehr wenig mehr unter den Fixsternen. Die immer merklicher werdende Verlangsamung seines scheinbaren Laufes rührt daher, daß die Bewegung der Erde ungefähr auf ihn gerichtet ist, wie man sich auf der Karte leicht durch Anlegen eines Lineals klar machen kann. Und am 14. August tritt das merkwürdige Schauspiel ein, daß Jupiter vollständig still zu stehen scheint, weil die von ihm nach der Erde zu gezogene Linie ihre Richtung im Raume gar nicht ändert. Und dann wechselt seine scheinbare Bewegung ihren Sinn, d. h., sie verläuft eine Zeitlang von Osten nach Westen, oder, in unsern Gegenden gesehen, mit dem Uhrzeiger. Die Karte lehrt uns aber, daß jetzt die Verbindungslinie Erde-Jupiter nur darum in diesem Sinne sich zu drehen scheint, weil ihr einer Endpunkt, die Erde, sich schnell nach links verschiebt. Die am 14. August eingetretene „rückläufige Bewegung" Jupiters wird dann am schnellsten sich zu vollziehen scheinen, wenn, von uns aus gesehen, Jupiter der Sonne gerade gegenübersteht, d. h. Abends auf- und Morgens untergeht und um Mitternacht seinen höchsten Stand erreicht. Diese Stellung, die Sonnen-Opposition Jupiter's, tritt am 12. October 1892 ein. Nun wird die rückläufige Bewegung wieder langsamer, um am 9. December in die rechtläufige wieder überzugehen. Am 6. Januar 1893 ist Jupiter in der zweiten Quadratur, wo er Mittags auf und Mitternachts untergeht; am 28. April 1893 ist wieder Conjunction, 18. November Opposition usw.

Wenn der Planet in etwa 12 Jahren die Sonne umwandert hat, so scheint er auch für uns durch den ganzen Thierkreis gewandert zu sein; ein sechszigjähriger Mann hat daher etwa fünf Umläufe Jupiters erlebt. Während aber, von der Sonne aus gesehen, der Riesenplanet einen Kreis am Himmel zu beschreiben schien, in welchem er nur zur Zeit des Aphels merklich langsamer, zur Zeit des Perihels merklich schneller einherging, sahen die Erdbewohner die Geschwindigkeit seines Umlaufes beständig sehr stark wechseln. In der Sonnen-Conjunction schien er am schnellsten zu laufen, die Geschwindigkeit wurde dann immer geringer, bis einige Wochen nach der Quadratur Jupiter stillstand und einen kleinen Theil des abgemachten Weges rückwärts zu laufen begann. Dieser Rücklauf

Jupiter sein? Die Umlaufszeit des vierten Trabanten ist in jener Periode 21,886 Mal enthalten. Wir haben also die mittlere Entfernung im Verhältnisse x zu vergrößern, so daß

$$x \times x \times x = 21{,}886 \times 21{,}886 \text{ wird}$$

und finden dann $x = 7{,}824$. Multipliciren wir nun den Bahn-Radius des vierten Mondes mit dieser Zahl, so finden wir, daß der gedachte fünfte Mond etwa 1 469 000 myriom. vom Jupiter abstehen müßte.

Nun wissen wir, daß die Sonne in $365^{d}\ 6^{h}\ 9^{m}$ einen Körper, unsere Erde, um sich herumführt, der nicht 1 469 000 myriom., sondern ziemlich genau zehn Mal so weit von ihr entfernt ist. Sie muß also eine viel größere Anziehungskraft besitzen als Jupiter; ein Mal, weil die Entfernung verzehnfacht ist, wodurch die Kraft nach dem Newton'schen Anziehungsgesetze hundert Mal verkleinert wird; dann aber, weil die so verkleinerte Kraft doch noch die Erde auf einem zehn Mal größern Wege herumzuführen im Stande ist. Die wahre Anziehungskraft der Sonne ist also 100×10 Mal oder 1000 Mal größer als die des Jupiter. Nimmt man genauere Zahlen zu Hülfe, so erhält man für das Verhältniß der Sonnenmasse zur Jupitersmasse oder für die „Reciproke" der letztern einen etwas größern Werth als 1000.

Der Erste, welcher diese Methode auf die Bestimmung der Jupitersmasse anwandte, war kein Geringerer als der große Newton selbst; für die Bahnbewegung des vierten Satelliten legte er zuerst die Beobachtungen von Halley, dann die von Pound zu Grunde. Letztere ergeben den Werth 1067 für die Reciproke. Die französischen Analytiker Lagrange und Laplace fanden (1782, 1802) aus ihrer Neuberechnung desselben Materials 1067,195 bzw. 1067,09.

Indessen kann man dieselbe Zahl noch auf anderm Wege ermitteln. Wenn alle Körper im Raum einander anziehen, so muß Jupiter nicht nur auf seine Satelliten, sondern auch auf entferntere Himmelskörper wirken, in erster Linie auf seine Mitplaneten; und da, wie die Satelliten-Beobachtungen zeigen, seine Masse nur etwa tausend Mal kleiner als die der Sonne ist, so darf der Astronom ihre Wirkung keinenfalls vernachlässigen. Diese Wirkung wird Störung genannt, weil sie sich in einem Voraneilen, Zurückbleiben, Herausziehen des „gestörten" Körpers aus seiner Bahn zu äußern pflegt. Und wie der Mathematiker einerseits, wenn ihm die Masse des störenden Körpers bekannt ist, die Größe der Störungen berechnen kann, so ist es ihm anderseits möglich, aus den beobachteten Störungen rückwärts auf die störende Masse zu schließen.

Der erste Planet, der sich den Astronomen im Anfang unseres Jahrhunderts zu diesem Zwecke darbot, war Saturn. Es hat sich ergeben, daß die Störungen, welche dieser Planet und Jupiter selbst von einander erleiden, zu den interessantesten im ganzen System gehören. Saturn ist 9,54 Mal, Jupiter, wie wir wissen, 5,20 Mal weiter von der Sonne entfernt als die Erde. Jupiter kann also dem Saturn unter Umständen selbst näher stehen als der Sonne, nämlich dann, wenn er zwischen beide Körper tritt; die Störungen werden daher mitunter sehr groß ausfallen. Bouvard, von Laplace veranlaßt, berechnete aus ihnen die Reciproke zu 1070 — ein Ergebniß, das mit dem aus der Theorie des vierten Trabanten gewonnenen so nahe übereinstimmte, wie man bei der Schwierigkeit der Beobachtung und Rechnung billiger Weise verlangen durfte. Und doch sind beide Zahlen falsch, und ihre Einstimmigkeit ist ein Product des Zufalls.

In der ersten Nacht unseres Jahrhunderts (auf den 1. Januar 1801) entdeckte der Theatiner-Mönch Piazzi in Palermo einen Planeten, der als erstbekannter in der zahlreichen Gruppe der Asteroiden oder kleinen Planeten von besonderer Wichtigkeit ist. Rasch folgten die Entdeckungen der Pallas und Vesta (1802 und 1807) durch den bremischen Arzt Olbers und der Juno (1804 durch den Astronomen Harding zu Lilienthal bei

Bremen). Es darf als bekannt vorausgesetzt werden, daß, nachdem erst 1845 der fünfte kleine Planet durch den Postmeister Hencke in Driesen a. d. Netze aufgefunden war, in den folgenden Jahrzehnten die Aufsuchung von Asteroiden immer planmäßiger betrieben wurde und daher jetzt (Ende März 1892) nicht weniger als 331 kleine Weltkörper registrirt sind, die zwischen den Bahnen des Mars und des Jupiter die Sonne umkreisen, die meisten mit viel stärkern Excentricitäten und Bahnneigungen als die großen Planeten. Gauß, dem die Entdeckung der Ceres u. a. auch Gelegenheit gegeben hatte, seine Methode der Bahnbestimmung zu schaffen, erkannte in den kleinen Weltkörpern sofort ein vorzügliches Mittel zur Bestimmung der Jupitersmasse. Sie kommen dem riesenhaften Planeten unter allen andern am nächsten, haben daher am meisten von seinen Störungen zu leiden. Schon aus den Störungen der Pallas erkannte Gauß, daß jene Masse um den 80. Theil vergrößert werden müsse, und Nicolai leitete mit guter Uebereinstimmung aus den Juno-Störungen die Reciproke 1053,924 ab (1823). Ein ähnliches Ergebniß hatte für Encke ein paar Jahre später die Berechnung der Vesta-Störungen. So mußte die Abweichung von den ältern Zahlen immer mehr auffallen. Als aber (1837) der (kürzlich verstorbene) englische Astronom Airy aus seinen Beobachtungen des vierten Trabanten 1046,77 und (1842) Bessel aus seinen heliometrischen Beobachtungen desselben Himmelskörpers 1047,879 und später Leverrier aus seiner Neuberechnung der Saturns-Störungen einen ziemlich gut damit stimmenden Werth erhielt, da erkannte man einerseits, daß Newton's und Bouvard's Zahlen auf der Unvollkommenheit des ältern Materials beruhten, anderseits mit immer größerer Sicherheit, daß das Newton'sche Anziehungsgesetz innerhalb unserer Wahrnehmungsgrenzen unzweifelhaft richtig ist. So erhielt (1872) Möller aus den Störungen der Faye'schen Kometen 1047,788; dann (1873) Krueger aus denen des kleinen Planeten Themis 1047,538; ferner (1881) Schur aus seinen Heliometer-Messungen der Abstände aller vier Trabanten 1047,232; neuestens (1888) Frhr. v. Haerdtl aus der Theorie des Winnecke'schen Kometen 1047,175. Der Werth 1047,55, für den wir uns mit Harkneß entscheiden, wird, wie im Text gesagt, höchstens um das eine oder andere Zehntel (d. h. um ein paar Zehntausendstel der ganzen Reciproken) irren.

[31]) Vergleiche die vorige Anmerkung.

[32]) Nur der Anschaulichkeit wegen haben wir (in Anm. 30) bei dem Beispiele des vierten Satelliten die Rechnung in Myriometern durchgeführt.

[33]) Vergl. die Erklärungen des I. Capitels.

[34]) Nach Harkneß a. a. O.

[35]) *Ζεύς*, Jupiter; *πολίτης*, Bürger.

[36]) Wenn man nämlich die mittlere jovicentrische Länge des ersten Mondes um das Doppelte der Länge der dritten vermehrt und die Summe wieder um das Dreifache der Länge des zweiten Mondes vermindert, so erhält man stets 180°. Die Sprache der Mathematik drückt dieses durch die Gleichung

$$L_1 - 3L_2 + 2L_3 = 180^\circ$$

aus. Damit diese Beziehung immer bestehen bleibe, ist ein ganz entsprechender Zusammenhang zwischen den mittlern Bewegungen der Satelliten nöthig. Rechnen wir die im vorigen Capitel[28]) in Tagen, Stunden und Minuten angegebenen siderischen Umlaufszeiten der Monde in Decimaltheile des Tages um, so erhalten wir: I. $1^d,769$; II. 3,551; III. 7,155; IV. 16,689. Wir leiten daraus ab, daß der erste Satellit in einem Tage $360^\circ : 1,769$ durchlaufen muß, da er in 1,769 Tagen 360°, d. h. einen vollen Umlauf abmacht. Diese „mittlere tägliche Bewegung" oder der mittlere tägliche Zuwachs der Länge erhält nach Ausführung der Divisionen folgende Werthe: I. $203^\circ,489$; II. $101^\circ,375$; III. $50^\circ,318$; IV. $21^\circ,571$; die ersten drei Zahlen sind, wie man leicht nachweisen kann, durch die Gleichung

$$203{,}489 - 3 \times 101{,}375 + 2 \times 50{,}318 = 0$$

verbunden. „Die mittlere Bewegung des ersten, vermehrt um die doppelte mittlere Bewegung des dritten, und vermindert um die dreifache des zweiten Mondes, ist gleich Null."

Dieses zweite Gesetz hat zur Folge, daß das erste, nämlich die Beziehung zwischen den mittlern Längen, immer erhalten bleibt. Laplace hat aber weiter nachgewiesen, daß diese Gesetze nicht nur allen gegenseitigen Störungen der Monde zum Trotz immer erhalten bleiben werden, sondern auch, daß, wenn sie in frühern Zeiten ein Mal nur ungefähr richtig gewesen sein sollten, die Störungen darauf hingearbeitet hätten, die Gesetze genau gültig zu machen.

Das Längengesetz macht es unmöglich, daß alle drei innern Monde vom Jupiter aus jemals in derselben Richtung gesehen werden. Es müßte dann, wenigstens ungefähr, $L_1 = L_2 = L_3$ werden, also

$$L_1 - 3L_1 + 2L_1 = 180^\circ,$$

während die linke Seite der Gleichung offenbar gleich Null ist. Die drei innern Monde können also niemals gleichzeitig verfinstert sein, weil $L_1 = L_2 = L_3$ dann wenigstens ungefähr gelten würde. Noch weniger können alle vier Monde auf ein Mal verfinstert sein. Warum sie aber zeitweilig doch alle für uns unsichtbar werden können, wird sich später ergeben.

Trotz dieses Gesetzes sind doch in der Stellung der vier Trabanten zum Centralkörper die verschiedensten Combinationen möglich. Hat man die jovicentrischen Längen aller vier Monde für einen bestimmten Augenblick notirt, so kann man über 25 Jahre warten, bis mit großer Genauigkeit wieder dieselbe Stellung stattfindet. Es ist nämlich, wenn wir mit U_1, U_2, U_3, U_4 die genauen siderischen Umlaufszeiten der vier Trabanten bezeichnen,

$$\begin{aligned} 5189\ U_1 &= 9180^d{,}05. \\ 2585\ U_2 &= 9179,\ 80. \\ 1283\ U_3 &= 9179,\ 29. \\ 550\ U_4 &= 9178,\ 96. \end{aligned}$$

Wenn also der erste Mond nach jenem Zeitpunkte 5189 volle Umläufe vollbracht und somit die alte Stellung wiedergewonnen hat, ist auch der zweite fast genau wieder an dem frühern Punkte, ganz genau erst 0,25 Tage oder 6 Stunden früher; ähnlich der dritte und der vierte.

Nun sind 9180,05 Tage gleich 25 julianischen Jahren [37]) und 48,8 Tagen. Merkwürdiger Weise wiederholen sich aber nach dieser Periode die Stellungen nicht nur für einen jovicentrischen, sondern auch sehr genau für einen geocentrischen Beobachter. Durchschnittlich wiederholen sich nämlich die Sonnen-Oppositionen des Jupiter nach einem Jahr und $33^d\ 15^h$ [38]), und es sind 23 dieser Perioden ungefähr gleich 9175^d, so daß auch nach 9180^d die Erde ziemlich genau ebenso zum Jupiter steht wie beim Beginn der Periode. Was aber für die Oppositionen gilt, das gilt ähnlich für die Quadraturen und andere Zwischenstellungen. Der Standpunkt des Beobachters ist also auch wieder der alte geworden. — Weniger genau ist eine kürzere Periode von 435—437^d für die Satelliten-Umläufe.

[37]) Das julianische Jahr ist genau gleich 365 1/4 Tag. Für manche astronomische Arbeiten ist bequemer mit dieser Periode zu rechnen, als mit dem gregorianischen Jahr, welches bekanntlich die tropische Umlaufszeit der Sonne genauer darstellt. Die nöthige Rücksicht auf die Säcularjahre ist leicht zu nehmen.

[38]) Man nennt diese Zeit den synodischen Umlauf Jupiters. Bei jeder Opposition steht die Erde zwischen Jupiter und der Sonne. Nach einem Jahre ist die Erde wieder an demselben Punkte angelangt, muß aber, um zu dem mittlerweile auch vorangeeilten Jupiter wieder in die alte Stellung zu gelangen, noch etwas weiter laufen. Man vergleiche die

wechselseitige Stellung der beiden Uhrzeiger, für deren Umlaufszeiten sogar nahezu dasselbe Verhältniß gilt wie für das Erdenjahr und das Jahr des Jupiter.

[39]) D. h., die Abstände jedes Theilpunktes von den Mittelpunkten verhalten sich wie die Radien. Man überzeugt sich davon leicht durch Zeichnen der Berührungsradien und Aufsuchen ähnlicher Dreiecke. — Die Centrale wird durch die Tangenten „harmonisch" getheilt.

[40]) Weil die Jupiters-Meridiane Ellipsen sind. Man darf also diesen Kegel eigentlich nicht durch Rotation der ebenen Schattenfigur um die Centrale entstanden denken. Die genauere Erörterung der Gestalt des Schattenkegels würde uns hier zu weit führen.

[41]) Die Betrachtung wird jetzt für einen in der nördlichen kalten oder gemäßigten Zone befindlichen Beobachter durchgeführt. Für einen Bewohner der entsprechenden südlichen Gegenden bleiben „West" und „Ost" bestehen, während „rechts" und „links" zu vertauschen sind. In der heißen Zone richtet sich die Stellung der Monde nach der Jahreszeit; unter Umständen können sie sich von oben nach unten bewegen. Dem Anfänger will es gewöhnlich zuerst nicht einleuchten, daß wir die rechte Hälfte der uns zugekehrten Planeten-Scheibe die westliche nennen, entgegengesetzt der Bezeichnung unserer Landkarten. Man bedenke aber, daß diese Seite nach Abend gewandt ist, wenn wir den Stern im Süden vor uns haben. (Correcter ist jedoch die Bezeichnung „voraufgehende" und „nachfolgende" Seite, deren wir uns später bedienen wollen.)

[42]) Die mittlern Ortszeiten werden für den Astronomen immer ihre große Bedeutung behalten, wenn sie auch — ein Unternehmen, über dessen Nützlichkeit man sehr verschieden denken kann — für das öffentliche Leben abgeschafft und durch die Einheitszeit ersetzt werden sollten. Auf See *muß* man die wahre Ortszeit durch Beobachtung des Himmels ermitteln, hieraus die mittlere Zeit und endlich den Zeitunterschied gegen Greenwich ableiten.

[43]) Daß dieses Verfahren durch mehrere Umstände verwickelt wird, braucht für den Kenner nicht gesagt zu werden. — Mit geringerer Genauigkeit als durch Beobachtung des Ein- *und* Austrittes kann man auch mit Hülfe eines einzigen dieser Momente zum Ziele kommen. Dann sind auch die beiden innern Trabanten brauchbar, und man hat außer dem Vortheil des schnellern, von der Bewegung des Schiffes weniger abhängigen Arbeitens den weitern, daß diese Satelliten sich sehr schnell bewegen, so daß die Zeitpunkte sich etwas besser festlegen lassen.

[44]) Vergl. III. Vereinsschrift der Görresgesellschaft für 1888, bes. S. 32 ff; Jahresbericht für 1891, S. 51.

[45]) Der Globus wäre am Ende eines langen Ganges vor schwarzem Hintergrunde (schwarze Kleider) aufzustellen, so daß der Beobachter die Sonne im Rücken hat. Die Oberfläche darf nicht zu sehr spiegeln.

[46]) Die Erde hat für den Mond Lichtphasen, wie der Mond für die Erde. Es entsprechen sich Neumond und Vollerde, Vollmond und Neuerde; dem ersten Mondviertel entspricht das letzte Erdviertel und umgekehrt.

[47]) Von der starken Veränderlichkeit der Lage der Erdaxe zum Monde wird hier abgesehen; ebenso von der Phase.

[48]) Genau nach Analogie der geographischen Breite zu verstehen.

[49]) Lohse, Beobachtungen und Untersuchungen über die physische Beschaffenheit der Planeten Jupiter und Mars. Potsdam 1882.

[50]) N. C. *Dunér*, Recherches sur la rotation du soleil. Upsal 1891. — Neuestens gibt *Franz* einen Weg an, auf welchem die Erklärung des Rotations-Gesetzes der Sonne vielleicht gefunden werden kann. (Vergl. Wildermann's Jahrbuch der Naturw. 1891—1892, S. 234.)

[51]) Von O. Böddicker's vorzüglichen Darstellungen und Beschreibungen besitzen wir durch die Güte des Herrn Verfassers die auf den Winter 1880—81 bezüglichen (Scientific Transactions of the Royal Dublin Society, vol. I, ser. II, Nr. XV, 25 photographische Zeichnungen); ferner die weit vollkommener durch ein photomechanisches Verfahren wiedergegebenen 84 Zeichnungen von 1881 Sept. 2 — 1886 März 13 (ib. vol. IV, ser. II, Nr. III). Von dem letztern Cyklus ist ein Theil (12 Bilder) bei Gore, The scenery of the heavens verkleinert wiedergegeben. Böddicker's Bilder haben den besondern Vorzug, daß die Platten unmittelbar nach dem Original durch physikalisch-chemische Methoden hergestellt sind, ohne Dazwischenkunft des Lithographen. — Das Beobachtungs-Instrument war das dreifüßige Spiegel-Teleskop der berühmten Sternwarte des Earl of Rosse in Birr Castle bei Parsonstown (Irland).

[52]) Daß selbst die photographische Wiedergabe einen ähnlichen Fehler herbeiführen kann, zeigen die in voriger Note erwähnten verkleinerten Copieen einiger der Böddicker'schen Bilder in einem descriptiven Werke. Die Einzelheiten sind natürlich erhalten, nicht aber der Ton des Ganzen.

[53]) Wir verdanken das Meyer'sche Bild und den Aufsatz von Keeler (dem wir Keeler's Abbildung des rothen Fleckes, Fig. 2, entnehmen) der Güte der Redaction von „Himmel und Erde".

[54]) Die Himmelsgegenden des Planeten N, F, Pr, S bezeichnen wir der Kürze halber so, mit stillschweigender Verweisung auf die Bilder. Die Ausdrücke Ost und West werden mit guter Absicht vermieden.

[55]) Die sehr zahlreichen und instructiven Zeichnungen von Terby in Löwen sind ein schöner Beweis für die Leistungsfähigkeit guter mittelgroßer Instrumente, die von sorgfältigen Beobachtern gehandhabt werden. Erst in den letzten Jahren hat Terby seinen $3\,{}^3/_5$-Zöller mit einem größern Fernrohr vertauscht. Seine Beobachtungen, nebst ungefähr 200 Bildern, sind im Auftrage der königlichen Akademie von Belgien gedruckt; die wichtigste Veröffentlichung führt den Titel: Etudes sur l'aspect physique de la planète Jupiter. (Deux parties.) Wir verdanken den Besitz aller dieser werthvollen Abhandlungen der Freundlichkeit ihres Verfassers.

[56]) Einzutreten scheint. Der Mondschatten ruht wirklich auf dem Punkte der Oberfläche, auf dem er von der Erde oder sonst woher beobachtet wird. Die Stellung aber, welche der Mond selber zur sichtbaren Scheibe einzunehmen scheint, richtet sich ganz nach dem Standorte des Beobachters.

[57]) Die genauere Zahl für die Länge des aufsteigenden Knotens der Aequatorebene auf der Bahnebene ist $315^0 9' 53''$. Hieraus ergeben sich die genauen Werthe der übrigen helioc. Längen. Der genaue Betrag der Neigung ist $3^0 4' 8''$. Die lange vergeblich gesuchten Zahlen erhielt der Verfasser von Herrn Terby, der sie dem „Vademecum" von Houzeau entnimmt. Die Zahlen sind auf das Gradnetz von 1880 bezogen. Das Schweigen, mit dem diese Verhältnisse in fast allen descriptiven Büchern übergangen werden, ist merkwürdig genug. Bei Mädler ist die helioc. Länge des Nordpols sogar um 180^0 verkehrt angegeben, in Folge eines erklärlichen geometrischen Versehens.

[58]) $1 : (1 \pm {}^1/_{60})^2 = 1 : (1 \pm {}^1/_{30}) = 1 \mp {}^1/_{30}$, mit Vernachlässigung sehr kleiner Glieder.

[59]) Croll's Hypothese.

[60]) Durchschnittlich sogar alle 27—28 Tage.

[61]) Die lichtreflectirende Kraft der als Ganzes betrachteten Erdkugel bestimmte E. C. Pickering in sinnreicher Weise aus der Stärke des aschfarbenen Mondlichtes, welches bekanntlich reflectirtes Erdlicht, d. h. zwei Mal reflectirtes Sonnenlicht ist. Die Albedo der Erde ist hiernach 1,7 Mal größer als die des Mondes, d. h., gleich 0,20,

wenn man Zöllner's Werth 0,12 für die scheinbare Mond-Albedo zu Grunde legt. Für Mars, Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun ist nach Zöllner die Albedo gleich 0,27; 0,62; 0,50; 0,64; 0,46. (Vergl. Anm. 17.)

[62]) Bereits von Bond gefunden; hier nach Zöllner (Photom. Unters. S. 293—294) mitgetheilt. Die nächstfolgenden Angaben über Bond's Ergebnisse sind ebendaher entnommen.

[63]) Publ. des Astrophys. Observ. zu Potsdam. VIII. Bd., 2 St. — Die Arbeit selbst kennen wir nicht; die Zahlen sind der Inhaltsangabe im Journal of the British Astr. Assoc. (II, S. 200) entnommen.

[64]) Es ist die Conjunction der Planeten mit einander, nicht mit der Sonne, zu verstehen. Die bedeutende scheinbare Annäherung der Gestirne aneinander gestattete die Annahme der Gleichheit des Einflusses der Erd-Atmosphäre auf die Lichtstärke.

[65]) Die Eigenwärme ist wegen der geringen Größe des Trabanten jedenfalls äußerst klein. Von der Sonnenwärme hat man zwei Theile zu unterscheiden. Der Tag, d. h. die Zeit von einem Mittage bis zum nächsten, dauert auf dem Monde nicht weniger als 29 1/2 unserer Tage. Es ist klar, daß während der langen, durch keine merkliche Atmosphäre gehinderten Bestrahlung durch die Sonne die Oberfläche des merkwürdigen Himmelskörpers eine gewaltige Hitze in sich aufspeichern muß, die sie nachher durch Ausstrahlen wieder abgibt. Dazu kommen dann die direct (umgehend) von der Oberfläche reflectirten Strahlen, nach dem Earl of Rosse der weitaus kleinere Bruchtheil. Beide Theile sind zur Vollmondszeit für uns am einflußreichsten.

[66]) Für die wolkenauflösende Kraft des Mondes treten J. Herschel, A. v. Humboldt, F. Arago (Astron. popul. t. III, l. XXI, chap. XXIII, p. 501—503) ein. Neuere meteorologische Untersuchungen lassen den Einfluß als gering oder selbst als zweifelhaft erscheinen. (Nasmyth u. Carpenter, Der Mond. Uebers. v. H. J. Klein. 3. Aufl. S. 160.) Selbst in diesem Falle würde der im Text gemachte Versuch zur Erklärung gewisser Erscheinungen auf dem Jupiter nicht einfach abzuweisen sein, und zwar wegen der viel bedeutendern Wärme der Sonne.

[67]) Indem die Luft aus mittlern irdischen Breiten zum Aequator strömt, muß sie gegen die dortigen Schichten in der Rotation zurückbleiben, weil die Parallelkreise langsamer rotiren als der Aequator. Dieses Zurückbleiben äußert sich als eine Strömung nach W (F in unserer Zeichnung).

[68]) Osten ist hier offenbar mit Pr identisch.

[69]) Beide Erklärungsversuche, nämlich den aus der veränderlichen Schwerkraft und den aus der Wolkenauflösung genommenen, stehen wir nicht an, als Nothbehelfe zu bezeichnen. Daß aber die Aequatorial-Beschleunigung bei Jupiter in ganz anderm Sinne als bei der Sonne zu verstehen und daher auch anders zu erklären ist, wurde bereits hervorgehoben.

[70]) Wird in der Formel

$$L_1 - 3\,L_2 + 2\,L_3 = 180^\circ$$

einfach $L_2 = L_3 = 0$ gesetzt, so wird $L_1 = 180^\circ$. — Es handelt sich bei diesem Gesetz um die sog. mittlern jovicentrischen Längen, von denen aber die wahren Längen nur sehr wenig verschieden sind.

[71]) Im Jahre 1881 in den „Astronomischen Nachrichten". („Sur la constitution de Jupiter.")

[72]) Diese mehrbesprochene Veränderlichkeit rührt, wie wir wissen, von der gleichfalls veränderlichen Entfernung her.

[73]) N. E. Green, On the belts and markings of Jupiter. Memoirs of the Royal Astronomical Society. Vol. XLIX, p. II. (1887.)

[74]) Englische Zoll (inches) rechnet man auf cm um vermittels der Theilbruchreihe

$$^{10}/_{4} + {}^{1}/_{63}\,A_1 + {}^{1}/_{150}\,A_2,$$

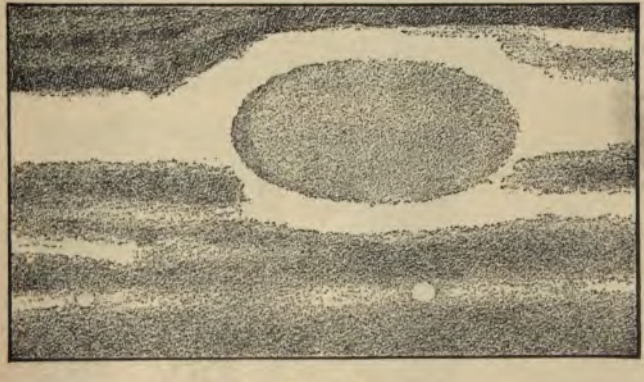
Tafel I.

S.

Pr. *F.*

Fig. 1.

Jupiter, beobachtet von M. W. Meyer, 1880, August 23. Rother Fleck verschwindet am vorausgehenden Rande. Ein Trabant beginnt seine Wanderung über die Scheibe; sein Schatten geht ihm voraus und folgt dem rothen Fleck.



Pr. *F.*

Fig. 2.

Rother Fleck der Südhalbkugel des Jupiter, beobachtet von Keeler, 1889, Sept. 5, am 36-Zöller der Lick-Sternwarte, bei 630facher Vergrößerung.

N.

S.

Pr. ← → F.

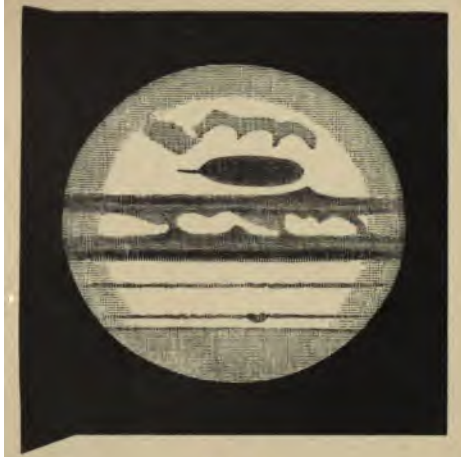


Fig. 3.

Jupiter, beobachtet von Lohse, 1880, Sept. 1. Von der Hauptmasse des rothen Flecks hat etwa der dritte Theil den Central-Meridian bereits passirt.

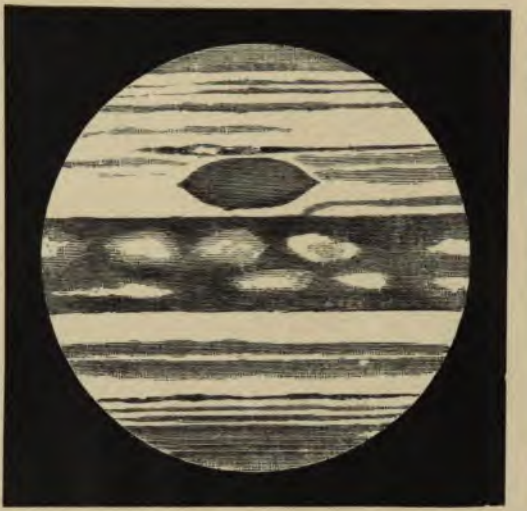


Fig. 4.

Jupiter, beobachtet von Denning, 1881, Dec. 7. Rother Fleck vom Central-Meridian nahezu halbirt. Die Abplattung ist vernachlässigt.

Fig. 5.

Jupiter, beobachtet von Holden, 1876, März 22. Helle Wölkchen auf dem südlichen Aequatorstreifen. Abplattung vernachlässigt.

N.

wo das erste Glied mit A_1, das zweite mit A_2 bezeichnet ist. Die Genauigkeit geht bis in die fünfte Stelle. Da die Fernrohr-Aperturen in diesem Buche und auch sonst in astronomischen Schriften häufig noch in engl. Zoll angegeben werden, so wollen wir die Anwendung der obigen Reihe an dem Beispiel des Sechsunddreißigzöllers vom Lick Observatory zeigen.

$$\begin{aligned} A_1 &= {}^{10}/_{4} \,.\, 36 = 90{,}000. \\ A_2 &= {}^{1}/_{63} \,.\, A_1 = 1{,}423. \\ A_3 &= {}^{1}/_{150} \,.\, A_2 = 0{,}009. \\ \hline & \quad 91{,}432. \end{aligned}$$

(Das dritte Glied ist, wie man sofort sieht, bedeutungslos. Vergl. auch Heis, Aufgabensammlung, § 86; Zeitschrift „Gymnasium" V, 257 ff., VII 113 ff.) Die im Texte, Cap. VIII, erwähnte Spiegel-Apertur von 18" ist halb so groß wie die vorige Zahl, also = 45,7 cm.

[75]) Ueber die Geschichte des Flecks vergl. das VI. Capitel.

[76]) Es ist das Mittelstück zwischen den Streifen zu verstehen, das nach Keeler (vergl. Cap. VI, S. 35) selbst wieder von dem lachsfarbenen Bande unterbrochen wird. Die im Text weiter erwähnten Parallelstreifen sind außer den Aequatorstreifen noch aufgetreten.

[77]) Vergl. Fig. 2, 3, 4.

[78]) D. h. Gründe, die auf Vorgängen in der Jupiters-Atmosphäre beruhen.

[79]) „Durch den Riß nur der Wolken erblickt er die Welt, tief unter den Wassern das grünende Feld." (Schiller.)

[80]) Belopolsky's Arbeit war uns nicht zugänglich; wir folgen der auszüglichen Mittheilung darüber in The Observatory, No. 175, May 1891.

[81]) The Observatory, No. 176, June 1891.

[82]) Ibid., No. 179, Sept. 1891.

[83]) The Journal of the Astron. Society of the Pacific, II, 77.

[84]) The Observatory, No. 168, Nov. 1890.

[85]) Schwabe in Dessau (1789—1875), von Beruf Apotheker, ist u. A. auch der Entdecker der elfjährigen Periode der Sonnenflecken.

[86]) Zeitschrift „Himmel und Erde", IV. Heft 7.

[87]) L'Astronomie. Février et mars 1892. Hier nach der Mittheilung im Journal of the Brit. Astr. Ass. II, 238.

[88]) Im III. und IV. Capitel. Vergl. auch die Erklärung zu Fig. 1.

[89]) Genauer gesagt, in den mittlern und höhern Breiten dieser Halbkugeln, da in der heißen Zone die Schiefe der Ekliptik und der damit beinahe zusammenfallenden Ebene der Jupitersbahn das Verhältniß zu ändern im Stande ist. — Die eingeklammerten Angaben beziehen sich auf die südliche Hemisphäre.

[90]) The Journal of the Astron. Society of the Pacific, II, 294.

[91]) „Possibly to a point approaching self-luminosity". Keeler widerspricht also nicht unserm früher gewonnenen Resultate.

[92]) Mit der Schlußfolgerung, daß Jupiter einen großen Vorrath von Eigenwärme besitzt, durchaus einverstanden, möchten wir doch nicht auf demselben Wege wie Keeler dazu gelangen. Die bedeutende Veränderlichkeit der für uns sichtbaren Oberflächengebilde in den aequatorealen Gegenden läßt sich vielleicht zum sehr großen Theil auf den Sonneneinfluß zurückführen, der ja gerade in den äußersten Schichten sich besonders fühlbar machen wird. Das Nähere ist im VII. Capitel gesagt. Der Vergleich mit der fleckenbildenden Kraft der Sonne hinkt ein wenig. Es wäre ja denkbar, daß die innern Theile der Planetenkugel ein ähnliches Rotationsgesetz befolgten, wie die Photosphäre der Sonne. Für uns wird aber diese Annahme zunächst durch nichts gestützt, da nicht ein Mal für das merk-

würdige Rotationsgesetz der Sonne, wie es von Dunér bis in hohe heliographische Breiten nachgewiesen wurde, eine vollauf befriedigende Erklärung vorliegt. Um so weniger ist man berechtigt, die Verhältnisse der Sonnenkugel auf den viel kleinern und mit rasender Schnelligkeit rotirenden Jupiter zu übertragen, bloß mit Rücksicht auf die nahezu gleiche Dichte beider Himmelskörper.

[93]) In ähnlicher Weise würde z. B. eine kleine Kugel aus weißem Marmor, die sich vor einer größern aus demselben Stoff einherbewegte, in weiter Entfernung vollständig unsichtbar sein.

[94]) Vergl. die Einleitung zum VII. Capitel, bes. S. 44.

[95]) Vergl. die Betrachtung über die Gezeiten am Ende des VII. Capitels.

[96]) Die Grundsätze der Photometrie oder Lichtmessung mit Hülfe von Instrumenten und der Argelander'schen Methode der Stufenschätzung findet man in der III. Vereinsschrift der Görres-Gesellschaft für 1888 ausführlich besprochen.

[97]) Des Verfassers Broschüre „Die neuesten Arbeiten über den Planeten Mercur und ihre Bedeutung für die Weltkunde" (Freiburg 1890) führt diese Betrachtung mit Bezug auf den genannten Himmelskörper durch.

[98]) Man begeht nur einen äußerst geringen Fehler, wenn man für diesen Zweck annimmt, daß alle fünf Körper gleich weit von der Sonne abstehen.

[99]) S. 292 des in Anm. 90 genannten Bandes. Es ist eine der Beobachtungen, auf welche Holden sich bezieht.

[100]) Astron. Nachr. 3079. P. ist der Bruder von Edward C. Pickering in Cambridge.

[101]) Das würde auch in der Opposition eine mehr als tausendfache Vergrößerung ergeben; wahrscheinlich ist der Ausdruck „somewhat smaller" mit einem Körnchen Salz zu nehmen.

[102]) Der Kürze wegen wird hier von der Libration abgesehen, wie der kundige Leser schon selbst herausgefunden haben wird.

[103]) Vergl. die III. Vereinsschrift für 1888; Vortrag über die veränderl. Sterne im Jahresbericht für 1891.

[104]) Und zwar auf Kosten der lebendigen Kraft des Umlaufs.

[105]) Gemeint sind die großen Planeten; bei den Asteroiden kommen dagegen sehr erhebliche Neigungen gegen die Erdbahn und also auch gegen die Mondbahn vor.

[106]) Sonderbarer Weise geht der Mond, in linearem Maße gemessen, viel langsamer um die Erde als diese und selbst Jupiter um die Sonne. Da nämlich die Erde etwa 400 Mal weiter von der Sonne entfernt ist als vom Monde, so vollendet sie einen 400 Mal größern Kreis als dieser in einer nur 13 Mal längern Zeit, nämlich in einem Jahre. Hierbei ist aber zu berücksichtigen, daß der Mond sich im Winkel sehr viel stärker für uns verschiebt, als etwa Jupiter, und daß er die Bewegung der Erde um die Sonne mitmacht.

[107]) Beruht auf unvollständiger Achromasie des Objectivglases.

[108]) Littrow, Wunder des Himmels. 7. Aufl. Berlin 1886. Auch die nächstfolgenden Zahlen entnehmen wir diesem Werke.

[109]) Aus einem im vorigen Capitel angegebenen Grunde. Die Leuchtkraft der einzelnen Flächenstücke der Sonne ist auf den 27. Theil vermindert, dafür bekommen aber gleiche Gebiete der Netzhaut das Licht von einem 27 Mal größern Gebiete.

[110]) Eine der interessantesten Erscheinungen wäre diese. Tritt der große Jupiter vor die kleine Sonne, oder scheinbar diese hinter ihn, so werden alle Sterne sichtbar. Eine Wärmeabnahme zeigt sich kaum, der dunkele Jupiter wärmt allein (vielleicht) ungefähr eben so viel wie mit der Sonne zusammen.

Tafel I.

Fig. 1.

Jupiter, beobachtet von M. W. Meyer, 1880, August 23. Rother Fleck verschwindet am vorausgehenden Rande. Ein Trabant beginnt seine Wanderung über die Scheibe; sein Schatten geht ihm voraus und folgt dem rothen Fleck.

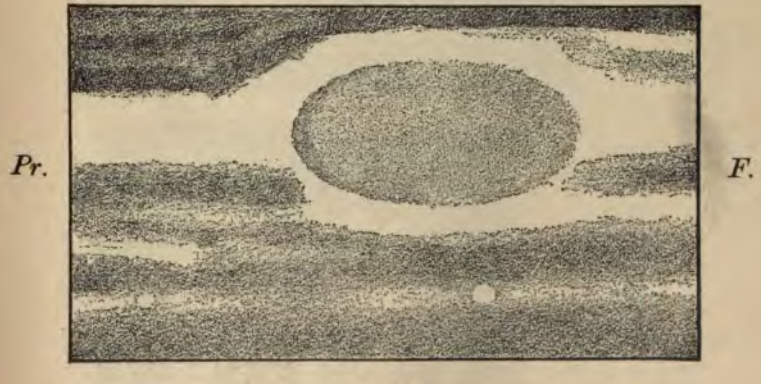


Fig. 2.

Rother Fleck der Südhalbkugel des Jupiter, beobachtet von Keeler, 1889, Sept. 5, am 36-Zöller der Lick-Sternwarte, bei 630facher Vergrößerung.

S.

Pr. ← → F.

Fig. 3.

piter, beobachtet von Lohse, 1880, 1. Von der Hauptmasse des rothen hat etwa der dritte Theil den Central-Meridian bereits passirt.

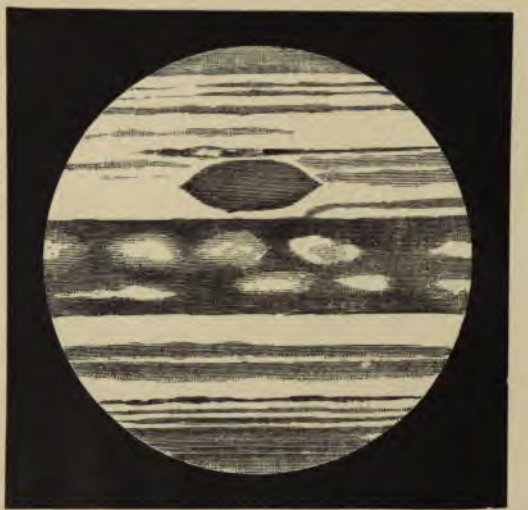


Fig. 4.

Jupiter, beobachtet von Denning, 1881, Dec. 7. Rother Fleck vom Central-Meridian nahezu halbirt. Die Abplattung ist vernachlässigt.

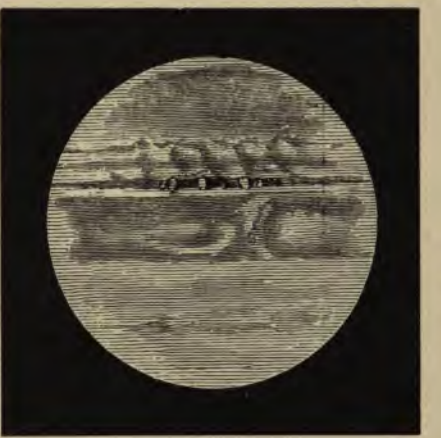


Fig. 5.

Jupiter, beobachtet von Holden, 1876, März 22. Helle Wölkchen auf dem südlichen Aequatorstreifen. Abplattung vernachlässigt.

N.

Tafel II.

QB 661 .P55 C.1
Der Planet Jupiter
Stanford University Libraries
3 6105 034 392 303

QB
661
.P55

DATE DUE

QB 661 .P55 C.1
Der Planet Jupiter
Stanford University Libraries
3 6105 034 392 303

QB
661
.P55

DATE DUE

UNIVERSITY OF CALIFORNIA
SAN DIEGO